

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-312571

(43)Date of publication of application : 24.11.1998

(51)Int.Cl.

G11B 7/135

(21)Application number : 10-020930

(71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 02.02.1998

(72)Inventor : SANO AKIMASA  
KADOWAKI SHINICHI

(30)Priority

Priority number : 09 23419  
09 54559

Priority date : 06.02.1997  
10.03.1997

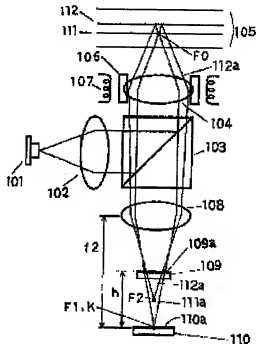
Priority country : JP  
JP

## (54) OPTICAL HEAD AND OPTICAL INFORMATION PROCESSOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain a focus and/or tracking error stably by recondensing the light reflected on a layer of a multilayer information recording medium and forming a wave front for detecting a focus and/or tracking error signal thereby avoiding the effect of reflected light from other than a specified information layer.

**SOLUTION:** The optical distance between first and second information layers 111, 112 fluctuates among optical discs 105 and a specified relation is set for the optical distance (h) between the hologram face 109a of a hologram element 109 and a point K while taking account of the fluctuation. Since the cross-sectional area of the reflected light 112a from the second information layer 112 increases by some extent on the hologram face 109a even when information is recorded/reproduced on/from the first information layer 111, effect of a joint region can be suppressed. According to the arrangement, unexpected diffraction light can be reduced and a stabilized signal of reflected light 111a from the first information layer 111 can be obtained.



特開平10-312571

(43) 公開日 平成10年(1998)11月24日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

F I

G 1 1 B 7/135

G 1 1 B 7/135

A

審査請求 未請求 請求項の数35 O L (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願平10-20930

(22) 出願日 平成10年(1998) 2月2日

(31) 優先権主張番号 特願平9-23419

(32) 優先日 平9(1997) 2月6日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平9-54559

(32) 優先日 平9(1997) 3月10日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 佐野 晃正

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

(72) 発明者 門脇 慎一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器  
産業株式会社内

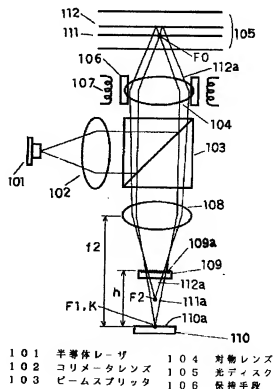
(74) 代理人 弁理士 松田 正道

## (54) 【発明の名称】 光ヘッド装置及び光情報処理装置

## (57) 【要約】

【課題】 片面から情報の記録・再生が可能な複数の情報層を持つ多層情報記憶媒体に対してホログラム素子または段差プリズムを用いて、フォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号の制御を行う光ヘッド装置は実現されていなかったという課題があった。

【解決手段】 光ディスク105の情報層間の光学的距離のばらつきを考慮し、検出光学系で所定の層以外の層からの反射光が集光する位置からずらした位置にホログラム素子109や段差プリズムを設けることにより、スポット断面積に対する分割線等の影響を低下させ、不安定な迷光が生じる原因を取り除く。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】光を発する光源と、前記光源から出射された光を多層情報記憶媒体に集光する前段集光光学系と、前記多層情報記憶媒体の層で反射した光を再度集光する後段集光光学系と、前記再度集光された光を受けてフォーカスおよび／またはトラック誤差信号を検出可能にする波面を形成する波面変換手段と、前記波面変換手段からの光を受光して、受光した光量に応じた信号を出力する光検出器とを備えたことを特徴とする光ヘッド装置。

【請求項2】前記多層情報記憶媒体の所定の層以外の情報層で反射された光は、前記波面変換手段上で焦点を結ばないことを特徴とする請求項1記載の光ヘッド装置。

【請求項3】前記多層情報記憶媒体の層のうちで最もはなれた2つの情報層の光学的な距離を $t_{\max}$ 、前記多層情報記憶媒体から前記光検出器に至る光学系の縦倍率を $\beta$ 、前記光源から発した光の焦点を前記前段集光光学系により前記多層情報記憶媒体の所定の情報層に合わせたとき、前記所定の情報層で反射した光が再び前記後段集光光学系により集光される点を点K、前記波面変換手段と前記点Kとの光学的な距離を $h$ としたとき、前記 $h$ が前記 $t_{\max}$ と前記 $\beta$ の積の2倍より大きいことを特徴とする請求項1記載の光ヘッド装置。

【請求項4】前記多層情報記憶媒体の層のうちで隣接する2つの情報層の光学的な距離の最小値を $t_{\min}$ 、前記多層情報記憶媒体から前記光検出器に至る光学系の縦倍率を $\beta$ 、前記光源から発した光の焦点を前記前段集光光学系により前記多層情報記憶媒体の所定の情報層に合わせたとき、前記所定の情報層で反射した光が再び前記後段集光光学系により集光される点を点K、前記波面変換手段と前記点Kとの光学的な距離を $h$ としたとき、前記 $h$ が前記 $t_{\min}$ と前記 $\beta$ の積の2倍より小さいことを特徴とする請求項1記載の光ヘッド装置。

【請求項5】前記光源から前記波面変換手段に至る光路中に前記多層情報記憶媒体で反射した光を受けて特定の方向の倍率を変化させる倍率変換手段を備え、前記多層情報記憶媒体の層のうちで最もはなれた2つの情報層の光学的な距離を $t_{\max}$ 、前記多層情報記憶媒体から前記光検出器に至る光学系の、方向によって異なる縦倍率のうち最大の縦倍率を $\beta_1$ 、前記光源から発した光の焦点を前記前段集光光学系により前記多層情報記憶媒体の所定の情報層に合わせたとき、前記所定の情報層で反射した光が再び前記後段集光光学系により集光される点を点K、前記波面変換手段と前記点Kとの光学的な距離を $h$ としたとき、前記 $h$ が前記 $t_{\max}$ と前記 $\beta_1$ の積の2倍より大きいことを特徴とする請求項1記載の光ヘッド装置。

【請求項6】前記 $h$ が4.3mm以上であることを特徴とする請求項3または5記載の光ヘッド装置。

【請求項7】前記 $h$ が2.1mm以下であることを特徴

とする請求項4記載の光ヘッド装置。

【請求項8】前記後段集光光学系の最も高い縦倍率の方向と垂直な方向をX軸方向とした場合、前記波面変換手段の分割線は、前記X軸方向の任意な一直線に並ばないことを特徴とする請求項1記載の光ヘッド装置。

【請求項9】前記分割線は、方形波状であることを特徴とする請求項8記載の光ヘッド装置。

【請求項10】前記分割線は、前記X軸方向と5度以上の角度を持って交わることを特徴とする請求項8記載の光ヘッド装置。

【請求項11】前記光源から前記波面変換手段に至る光路中に前記多層情報記憶媒体で反射した光を受けて特定の方向の倍率を変化させる倍率変換手段を備えたことを特徴とする請求項8から10のいずれかに記載の光ヘッド装置。

【請求項12】波面変換手段は、ホログラム素子であることを特徴とする請求項1から11のいずれかに記載の光ヘッド装置。

【請求項13】波面変換手段は、段差プリズムであることを特徴とする請求項1から11のいずれかに記載の光ヘッド装置。

【請求項14】前記波面変換手段はホログラム素子からなり、前記光源から発した光の焦点を前記前段集光光学系により前記多層情報記憶媒体の所定の情報層に合わせたとき、前記所定の情報層以外の情報層で反射され、再び前記後段集光光学系により集光される光の前記ホログラム素子上での大きさは、前記ホログラム素子の格子周期よりも大きいことを特徴とする請求項1記載の光ヘッド装置。

【請求項15】光を発する光源と、トラックを有する情報記憶媒体に前記光源から出射された光を集光する集光光学系と、前記情報記憶媒体で反射した光を分割する光線分割手段と、

前記トラックに対して実質上垂直な第1の分割線と、前記トラックに対して実質上平行な第2の分割線とを有し、前記第1の分割線と前記第2の分割線とによって分割された第1、第2、第3および第4の領域を有し、前記情報記憶媒体で反射した光を受光して、受光した光量に応じた信号を4つ出力する光検出器と、前記光検出器からの一部の信号と残部の信号とを比較する比較手段と、

前記比較手段の比較結果に基づいて、前記光検出器からの4つの信号のうちの2つの信号を選択する選択手段と、

前記選択手段によって選択された信号を利用してトラック誤差信号を出力するトラック誤差信号出力手段とを備え、

前記比較手段は、前記光検出器における、前記第1の分割線により分割された二つの領域の一方を前記第1、第

2の領域とし、他方を前記第3、第4の領域とした場合、前記第1および前記第2の領域からの信号の和の大きさと、前記第3および前記第4の領域からの信号の和の大きさを比較し、

前記選択手段は、前記比較手段によって比較された、和の大きさの小さい方の2つの領域からの2つの信号を選択し、

前記トラッキング誤差信号出力手段は、前記選択手段によって選択された2つの信号の時間的位相を比較して前記トラッキング誤差信号を出力することを特徴とする光ヘッド装置。

【請求項16】光を発する光源と、  
トラックを有する情報記憶媒体に前記光源から出射された光を集光する集光光学系と、

前記情報記憶媒体で反射した光を分割する光線分割手段と、

前記トラックに対して実質上垂直な第1の分割線と、前記トラックに対して実質上平行な第2の分割線とを有し、前記第1の分割線と前記第2の分割線とによって分割された第1、第2、第3および第4の領域を有し、前記情報記憶媒体で反射した光を受光して、受光した光量に応じた信号を4つ出力する光検出器と、

前記光検出器からの4つの信号のうちの2つの信号を選択する選択手段と、

前記選択手段によって選択された信号を利用してトラッキング誤差信号を出力するトラッキング誤差信号出力手段とを備え、

前記光検出器における、前記第1の分割線により分割された二つの領域の一方を前記第1、第2の領域とし、他方を前記第3、第4の領域として、前記第1および前記第2の領域からの信号の和の大きさと、前記第3および前記第4の領域からの信号の和の大きさを比較した場合、前記選択手段は、前記和の大きさの小さい方の2つの領域からの2つの信号を選択し、

前記トラッキング誤差信号出力手段は、前記選択手段によって選択された2つの信号の時間的位相を比較して前記トラッキング誤差信号を出力することを特徴とする光ヘッド装置。

【請求項17】前記選択手段によって選択された2つの信号の和が所定の値以下になったときに欠陥検出信号を出力する欠陥検出信号出力手段を備えたことを特徴とする請求項15または16記載の光ヘッド装置。

【請求項18】前記選択手段によって選択された2つの信号の和のなかの、前記情報記憶媒体に記録されている信号の周波数帯域より低い成分の信号の値が所定の値以下になったときに欠陥検出信号を出力する欠陥検出信号出力手段を備えたことを特徴とする請求項15または16記載の光ヘッド装置。

【請求項19】前記欠陥検出信号を受けてトラッキング制御をホールドするトラッキング制御ホールド手段を備

えたことを特徴とする請求項17または18記載の光ヘッド装置。

【請求項20】前記欠陥検出信号を受けてフォーカス制御をホールドするフォーカス制御ホールド手段を備えたことを特徴とする請求項17または18記載の光ヘッド装置。

【請求項21】光を発する光源と、  
トラックを有する情報記憶媒体に前記光源から出射された光を集光する集光光学系と、

前記情報記憶媒体で反射した光を分割する光線分割手段と、

前記光線分割手段により分割された光を受光して、受光した光量に応じた信号を出力する光検出器と、

前記光検出器からの信号を利用してトラッキング誤差信号を出力するトラッキング誤差信号出力手段とを備え、

前記光線分割手段は、前記トラックに対して実質上平行な分割線とを有し、前記光線分割手段における、前記分割線により分割される二つの領域の一方を第1部とし、他方を第2部とし、

前記光検出器は、前記第1部からの光を受光する第1領域と、前記第2部からの光を受光する第2領域とを有し、

前記トラッキング誤差信号出力手段は、前記第1領域および前記第2領域からの信号の時間的位相を比較して前記トラッキング誤差信号を出力することを特徴とする光ヘッド装置。

【請求項22】前記光源からの光が前記トラックに正しく集光された場合、前記光線分割手段で受光される光線の中心は、前記第1部および前記第2部から外れることを特徴とする請求項21記載の光ヘッド装置。

【請求項23】前記光線分割手段は、ホログラム素子であることを特徴とする請求項21または22記載の光ヘッド装置。

【請求項24】前記光線分割手段は、段差プリズムであることを特徴とする請求項21または22記載の光ヘッド装置。

【請求項25】前記第1領域および前記第2領域からの2つの信号の和が所定の値以下になったときに欠陥検出信号を出力する欠陥検出信号出力手段を備えたことを特徴とする請求項21から24のいずれかに記載の光ヘッド装置。

【請求項26】前記第1領域および前記第2領域からの2つの信号の和のなかの、前記情報記憶媒体に記録されている信号の周波数帯域より低い成分の信号の値が所定の値以下になったときに欠陥検出信号を出力する欠陥検出信号出力手段を備えたことを特徴とする請求項21から24のいずれかに記載の光ヘッド装置。

【請求項27】前記欠陥検出信号を受けてトラッキング制御をホールドするトラッキング制御ホールド手段を備えたことを特徴とする請求項25または26記載の光ヘ

ッド装置。

【請求項28】前記欠陥検出信号を受けてフォーカス制御をホールドするフォーカス制御ホールド手段を備えたことを特徴とする請求項25または26記載の光ヘッド装置。

【請求項29】光を発する光源と、前記光源から出射された光をトラックを有する情報記憶媒体上に集光する集光光学系と、前記情報記憶媒体で反射した光を受けてフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を検出可能にする波面を形成する波面変換手段と、前記波面変換手段からの光を受光して、受光した光量に応じた信号を出力する光検出器とを備え、

前記波面変換手段は、前記光検出器の光検出面において、フォーカス誤差信号検出に用いる光ビームの断面形状を前記トラックの方向と実質上垂直な方向に収束するものであることを特徴とする光ヘッド装置。

【請求項30】前記波面変換手段はホログラム素子であり、そのホログラム素子はホログラム要素を複数個有し、各ホログラム要素の格子間隔はそのホログラム要素内の所定の場所からの距離に応じて順次変化していることを特徴とする請求項29記載の光ヘッド装置。

【請求項31】前記波面変換手段はホログラム素子であり、そのホログラム素子はホログラム要素を複数個有し、対応するホログラム要素同士の、前記トラックの方向において対応するそれぞれの位置の格子間隔同士は異なることを特徴とする請求項29記載の光ヘッド装置。

【請求項32】前記格子間隔は、前記一つのホログラム素子内において、前記トラックに対して実質上垂直な方向に順次変化していることを特徴とする請求項31記載の光ヘッド装置。

【請求項33】光を発する光源と、前記光源から出射された光をトラックを有する情報記憶媒体上に集光する集光光学系と、前記情報記憶媒体で反射した光を受けてフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を検出可能にする波面を形成する波面変換手段と、前記波面変換手段からの光を受光して、受光した光量に応じた信号を出力する光検出器とを備え、

前記波面変換手段は、隣接する第1領域と第2領域とを有し、前記第1領域は前記光検出器の前面で収束する第1波面を生成し、前記第2領域は前記光検出器の後面で収束する第2波面を生成し、

前記第1領域および前記第2領域によって生成された2つの光ビームの断面形状は、前記光検出器の光検出面において、0次光の収束点を含む、前記トラックに対して実質上垂直な直線に関して線対称の関係にあることを特徴とする光ヘッド装置。

【請求項34】前記フォーカス誤差信号は、前記波面変換手段の、トラック接線方向と実質上垂直な分割線によって分割されたうちの一方に属する前記第1領域および第2領域から得られることを特徴とする請求項33記載

の光ヘッド装置。

【請求項35】請求項1から34のいずれかに記載の光ヘッド装置からの信号を受けてトラッキングおよび/またはフォーカス制御を行う制御回路を備えたことを特徴とする光情報処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ディスクあるいは光カードなど、情報記憶媒体上に情報の記録・再生あるいは消去を行う光ヘッド装置及び光情報処理装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】高密度・大容量の情報記憶媒体として、光ディスクあるいは光カードを用いる光メモリ技術は、デジタルオーディオディスク、ビデオディスク、文書ファイルディスク、さらにはデータファイルなどその応用が拡大しつつある。この光メモリ技術では、情報は微小に絞られた光ビームを介して高い精度と信頼性を持って記録・再生される。

【0003】光ヘッド装置の従来例として、波面変換手段としてホログラム素子を用い、フォーカス誤差信号の検出法をスポットサイズ法、トラッキング誤差信号の検出法を位相差法により行う場合の光ヘッド装置の構成と動作を説明する。図32に従来例の光ヘッド装置の側面図を示す。光源として半導体レーザ101から出た光は、コリメータレンズ102で平行光になり、ビームスプリッタ103で反射され、対物レンズ104により単層の情報記憶媒体としての光ディスク130の情報層131上に集光される。対物レンズ104により集光される光の焦点をF0とする。アクチュエータ107は、対物レンズ104と保持手段106を、光ディスク130の面振れや偏芯に追従して移動する。

【0004】情報層131で回折・反射された光は、再び対物レンズ104を通り平行光となる。この平行光はビームスプリッタ103を透過し、検出レンズ108で収束光となる。この収束光は波面変換手段としてのホログラム素子109に入り、フォーカス誤差信号を生成するために、光軸方向に対し相前後して異なる点に焦点を持つ回折光を生成する。これらの回折光は光検出器110で受光される。光ディスク130の情報層131に對物レンズ104の焦点F0が合った時、光検出器110の検出面110aより検出レンズ108側で焦点を結ぶ回折光と検出面110aの検出レンズ108とは反対側で焦点を結ぶ回折光の検出面110aでの断面の大きさが等しくなる。

【0005】図33に、ホログラム素子109のゾーン分割のパターンと光検出器110の検出領域201～207と回折光の検出面110aでの断面の形を示す。ホログラム素子109は、短冊状の多数のゾーンに分割されている。反射光131aはホログラム素子109によ

り回折される。-1次の回折光131bはフォーカス誤差信号の検出に、+1次の回折光131cはトラッキング誤差信号の検出に用いられる。各ゾーンに付けられた記号は図33の光検出器110上の回折光の断面の記号に対応する。大文字A～Dのゾーンから生じる-1次回折光131bは、検出レンズ108から見て光検出器110の検出面110aより後側で焦点を結ぶ。一方、小文字a～dのゾーンから生じる-1次回折光131bは、検出レンズ108から見て光検出器110の検出面110aより前側で焦点を結ぶ。光ディスク130の情報層131に對物レンズ104の焦点F0が合わされるとき、光検出器110の検出面110a上の大文字で表した検出スポットと小文字で表した検出スポットとが同じ大きさになるようにホログラム素子109は設計されている。検出領域201～203が受光した光の光量に応じて得られる信号を、それぞれP1～P3とする。フォーカス誤差信号FEは、次式(式1)の演算から得られる。

【0006】

$FE = P1 + P3 - P2 \dots (式1)$   
+1次の回折光131cは、検出領域204～207で検出される。光検出器110の検出領域204～207が受光した光の光量に応じて得られる信号を、それぞれt1～t4とする。位相差法のトラッキング誤差信号TEは、(t1+t3)と(t2+t4)の位相を比較することにより得られる。

【0007】情報を再生するためのRF信号は、次式のRFfまたはRFt、もしくは、両方の和で与えられる。

【0008】 $RFf = P1 + P2 + P3$

$RFt = t1 + t2 + t3 + t4$

次に、上述した従来例とは別の、従来のトラッキング誤差信号を得る回路について説明する。図34に、トラッキング誤差信号を、位相差法で得る場合の従来例の回路図を示す。加算器401は、検出領域204と検出領域206とで受光された光量に応じて得られる信号t1と信号t3とを受け、その和信号を出力する。同様に加算器402は、検出領域205と検出領域207とで受光された光量に応じて得られる信号t2と信号t4とを受け、その和信号を出力する。

【0009】位相差信号生成回路308は、加算器401と加算器402との出力信号を受け、それらの信号の時間的位相差を検出し、トラッキング誤差信号TE0を出力する。一方、加算器403は、加算器401と加算器402との出力信号を受けてその和信号を出力する。加算器403の出力信号が情報を再生するためのRF信号RFtとなる。

【0010】また、欠陥検出回路310は加算器403の出力信号を受け、欠陥検出信号DEDを出力する。欠陥検出信号DEDは、光ディスク130の表面に付いた

汚れ等により、光ディスク130に記録されている信号の周波数帯域より低い周波数帯域で入力RF信号が低下した場合に出力される。

【0011】サンプル&ホールド回路311は、位相差信号生成回路308から出力されるトラッキング誤差信号TE0を受けて、欠陥検出信号DEDが欠陥検出状態を示している時には、欠陥検出状態に入る直前のトラッキング誤差信号TE0を保持した信号を出力し、非欠陥状態を示している時には、入力されたおりの信号を出力する。

【0012】次に、参考のために、上述した従来の光ヘッド装置を利用して、従来の光情報処理装置について説明する。図35に、光情報処理装置としての光ディスクドライブの構成を示す。モータ501により光ディスク130が回転せられる。光ヘッド装置502はヘッド移送装置503により光ディスク130の内周-外周に移動せられる。光ヘッド装置502は光ディスク130に光ビームを照射し、反射してきた光を受けてそれに応じた信号を出力する。制御回路504は光ヘッド装置502から出力された信号を受けて、サーボ制御信号を光ヘッド装置502に出力する。またデータ生成回路505は、光ヘッド装置502からの信号を受けて光ディスク130に記憶されている情報を再生する。また、記録機能を備えた光ディスクドライブではデータ変換回路に入力された情報から光ディスクに記録すべき信号を生成し、光ヘッド装置502に対して出力する。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】ところで、情報記憶媒体の記憶容量の拡大にともない、片側に複数の情報層を持つ媒体への情報の記憶もしくは再生が可能な多層の情報記憶媒体が提案されている。これらの一例として、DVDの2層ディスクは、2つの情報層を近接して設け、媒体の読み出し面に近い側の情報層の反射率を下げて光を透過させ、読み出し面から遠い側の情報層の反射率を従来通りほぼ100%にすることにより、片面からの再生を可能としたものである。

【0014】ところで、このように従来、単層情報記憶媒体に対してフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得るためにホログラム素子を用いる光ヘッド装置と、多層情報記憶媒体とはおのの独立に実現されていたが、多層情報記憶媒体に対してフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得るためにホログラム素子を用いる光ヘッド装置は実現されていなかった。

【0015】また、従来の光ヘッド装置では、片面から記録・再生可能な多層記憶媒体に情報を記録もしくは再生する際に、目的の情報層以外の情報層で反射した光の影響を受けフォーカス制御が不安定になるという課題が存在する。

【0016】さらに、上述した課題とは別に、従来の光ヘッド装置のトラッキング誤差信号を位相差法により得

る回路では、トラックに光線が正確に集光されたときの、ホログラム素子の分割線からの光線のずれによるトラック誤差信号の感度は、急速に劣化するという課題があった。

【0017】また、従来の光ヘッド装置では、トラック誤差信号を得るさいに必要となってくる欠陥検出を、ホログラム素子からの全光量を利用して得ようとする、と、トラック誤差信号が不安定になるという課題があった。

【0018】加えて、上述した課題とは別に、ディスクの偏芯にともなうトラックが移動する場合、対物レンズがそのトラックの移動に追従して移動する際やディスク上のスポットがトラックを横断して移動する際に、フォーカス誤差信号にオフセットが生じるという課題があった。

【0019】

【課題を解決するための手段】請求項1の本発明は、光を発する光源と、前記光源から出射された光を多層情報記憶媒体に集光する前段集光光学系と、前記多層情報記憶媒体の層で反射した光を再度集光する後段集光光学系と、前記再度集光された光を受けてフォーカスおよび/またはトラック誤差信号を検出可能にする波面を形成する波面変換手段と、前記波面変換手段からの光を受光して、受光した光量に応じた信号を出力する光検出器とを備えたことを特徴とする光ヘッド装置である。

【0020】請求項2の本発明は、前記多層情報記憶媒体の所定の層以外の情報層で反射された光は、前記波面変換手段上で焦点を結ばないことを特徴とする請求項1記載の光ヘッド装置である。

【0021】請求項8の本発明は、前記後段集光光学系の最も高い縦倍率の方向と垂直な方向をX軸方向とした場合、前記波面変換手段の分割線は、前記X軸方向の任意な一直線に並ばないことを特徴とする請求項1記載の光ヘッド装置である。

【0022】請求項14の本発明は、前記波面変換手段はホログラム素子からなり、前記光源から発した光の焦点を前記前段集光光学系により前記多層情報記憶媒体の所定の情報層に合わせるとき、前記所定の情報層以外の情報層で反射され、再び前記後段集光光学系により集光される光の前記ホログラム素子上の大きさは、前記ホログラム素子の格子周期よりも大きいことを特徴とする請求項1記載の光ヘッド装置である。

【0023】請求項15の本発明は、光を発する光源と、トラックを有する情報記憶媒体に前記光源から出射された光を集光する集光光学系と、前記情報記憶媒体で反射した光を分割する光線分割手段と、前記トラックに対して実質上垂直な第1の分割線と、前記トラックに対して実質上平行な第2の分割線とを有し、前記第1の分割線と前記第2の分割線とによって分割された第1、第2、第3および第4の領域を有し、前記情報記憶媒体で

反射した光を受光して、受光した光量に応じた信号を4つ出力する光検出器と、前記光検出器からの一部の信号と残部の信号とを比較する比較手段と、前記比較手段の比較結果に基づいて、前記光検出器からの4つの信号のうちの2つの信号を選択する選択手段と、前記選択手段によって選択された信号を利用してトラック誤差信号を出力するトラック誤差信号出力手段とを備え、前記比較手段は、前記光検出器における、前記第1の分割線により分割された二つの領域の一方を前記第1、第2の領域とし、他方を前記第3、第4の領域とした場合、前記第1および前記第2の領域からの信号の和の大きさと、前記第3および前記第4の領域からの信号の和の大きさとを比較し、前記選択手段は、前記比較手段によって比較された、和の大きさの小さい方の2つの領域からの2つの信号を選択し、前記トラック誤差信号出力手段は、前記選択手段によって選択された2つの信号の時間的位相を比較して前記トラック誤差信号を出力することを特徴とする光ヘッド装置である。

【0024】請求項16の本発明は、光を発する光源と、トラックを有する情報記憶媒体に前記光源から出射された光を集光する集光光学系と、前記情報記憶媒体で反射した光を分割する光線分割手段と、前記トラックに対して実質上垂直な第1の分割線と、前記トラックに対して実質上平行な第2の分割線とを有し、前記第1の分割線と前記第2の分割線とによって分割された第1、第2、第3および第4の領域を有し、前記情報記憶媒体で反射した光を受光して、受光した光量に応じた信号を4つ出力する光検出器と、前記光検出器からの4つの信号のうちの2つの信号を選択する選択手段と、前記選択手段によって選択された信号を利用してトラック誤差信号を出力するトラック誤差信号出力手段とを備え、前記光検出器における、前記第1の分割線より分割された二つの領域の一方を前記第1、第2の領域とし、他方を前記第3、第4の領域として、前記第1および前記第2の領域からの信号の和の大きさと、前記第3および前記第4の領域からの信号の和の大きさとを比較した場合、前記選択手段は、前記和の大きさの小さい方の2つの領域からの2つの信号を選択し、前記トラック誤差信号出力手段は、前記選択手段によって選択された2つの信号の時間的位相を比較して前記トラック誤差信号を出力することを特徴とする光ヘッド装置である。

【0025】請求項21の本発明は、光を発する光源と、トラックを有する情報記憶媒体に前記光源から出射された光を集光する集光光学系と、前記情報記憶媒体で反射した光を分割する光線分割手段と、前記光線分割手段により分割された光を受光して、受光した光量に応じた信号を出力する光検出器と、前記光検出器からの信号を利用してトラック誤差信号を出力するトラック誤差信号出力手段とを備え、前記光線分割手段は、前

記トラックに対して実質上平行な分割線と有し、前記光線分割手段における、前記分割線により分割される二つの領域の一方を第1部とし、他方を第2部とし、前記光検出器は、前記第1部からの光を受光する第1領域と、前記第2部からの光を受光する第2領域とを有し、前記トラッキング誤差信号出力手段は、前記第1領域および前記第2領域からの信号の時間的位相を比較して前記トラッキング誤差信号を出力することを特徴とする光ヘッド装置である。

【0026】請求項29の本発明は、光を発する光源と、前記光源から出射された光をトラックを有する情報記憶媒体上に集光する集光光学系と、前記情報記憶媒体で反射した光を受けてフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を検出可能にする波面を形成する波面変換手段と、前記波面変換手段からの光を受光して、受光した光量に応じた信号を出力する光検出器とを備え、前記波面変換手段は、前記光検出器の光検出面において、フォーカス誤差信号検出に用いる光ビームの断面形状を前記トラックの方向と実質上垂直な方向に収束するものであることを特徴とする光ヘッド装置である。

【0027】請求項33の本発明は、光を発する光源と、前記光源から出射された光をトラックを有する情報記憶媒体上に集光する集光光学系と、前記情報記憶媒体で反射した光を受けてフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を検出可能にする波面を形成する波面変換手段と、前記波面変換手段からの光を受光して、受光した光量に応じた信号を出力する光検出器とを備え、前記波面変換手段は、隣接する第1領域と第2領域とを有し、前記第1領域は前記光検出器の前面で収束する第1波面を生成し、前記第2領域は前記光検出器の後面で収束する第2波面を生成し、前記第1領域および前記第2領域によって生成された2つの光ビームの断面形状は、前記光検出器の光検出面において、0次光の収束点を含む、前記トラックに対して実質上垂直な直線に関して線対称の関係にあることを特徴とする光ヘッド装置である。

【0028】請求項35の本発明は、請求項1から34のいずれかに記載の光ヘッド装置からの信号を受けてトラッキングおよび/またはフォーカス制御を行う制御回路を備えたことを特徴とする光情報処理装置である。

#### 【0029】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を図面を参照して説明する。

【0030】（実施の形態1）本発明の実施の形態1として、片面から記録・再生可能な2層の光ディスクを想定した場合の光ヘッド装置及び光情報処理装置の構成をその動作とともに述べる。

【0031】図1に実施の形態1の光学系の側面図を示す。半導体レーザー101から出た光はコリメータレンズ102で平行光になり、ビームスプリッタ103で反射

されたあと、対物レンズ104で集光され、光ディスク105の第1の情報層111または第2の情報層112に集光される。対物レンズ104で集光された光の焦点をF0とする。アクチュエータ107は、対物レンズ104と保持手段106を、光ディスク105の面振れや偏芯に追従して移動する。

【0032】光ディスク105の第1の情報層111および第2の情報層112で回折・反射された反射光111aと反射光112aは、再び対物レンズ104を通り略平行な光となる。この略平行な光はビームスプリッタ103を透過し、検出レンズ108で収束する光となる。この収束する光はホログラム素子109に入り、ホログラム面109aにより回折される。フォーカス誤差信号とトラッキング誤差信号の取り方は従来例と同様なのでここでは詳細な説明は省略する。また、光情報処理装置としての構成は図3に示した従来例と同様であるのでここでは詳細な説明は省略する。

【0033】図1のように光ディスク105の対物レンズ104に近い第1の情報層111に焦点F0を合わせ情報を記録・再生する際、対物レンズ104から遠い側にある第2の情報層112で反射した反射光112aの検出レンズ108による焦点F2は、第1の情報層111で反射した反射光111aの検出レンズ108による焦点F1より、検出レンズ108に近い側に位置する。第1の情報層111と第2の情報層112の光学的な距離を $t$ 、対物レンズ104と検出レンズ108で決まる検出光学系の縦倍率を $\beta$ とすると、焦点F1と焦点F2との光学的な距離は、 $2 \times t \times \beta$ である。

【0034】ここで光学的な距離とは、2点間の物理的な距離をその間の媒質の屈折率で割ったものであり、光が屈折率1の媒質中を通った場合の距離に換算したものである。

【0035】第1の情報層111に焦点F0を合わせたとき、反射光111aの焦点F1と検出レンズ108との光学的な距離を $f$ とする。検出レンズ108から光検出器110のある側に $f$ だけ離れた点をKと定義する。点Kの位置は光ヘッド装置の光学系によって決まり、対物レンズ104と光ディスク105との距離が変わっても移動しない。第1の情報層111に焦点F0を合わせたときは、反射光111aの焦点F1と点Kとは一致する。

【0036】点Kとホログラム素子109のホログラム面109aとの光学的な距離を $h$ とする。 $h$ と $2 \times t \times \beta$ とがほぼ等しいと、第1の情報層111に焦点F0を合わせたとき、図3に示すように反射光112aの焦点F2がホログラム素子109のホログラム面109aの近傍に位置する。このとき、ホログラム面109a上における反射光112aの断面面にホログラム素子109の分割線を含むと、予期しない回折光が生じる。このとき、ホログラム面109a上における反射光112aの



断面積に比してホログラム素子109の分割線近傍の面積が大きいと、光検出器110への反射光112aの予期しない回折光が強くなるので、第1の情報層111からの反射光111aのフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号に外乱のり、制御が不安定になる。

【0037】図4にホログラム素子109のホログラム面109aの全体図と中心付近の拡大図を示す。ホログラム面109aはいくつかの短冊状のゾーンに分割されている。拡大図にホログラム面109aのゾーンの分割線付近での格子形状を模式的に示す。ホログラム素子109のつなぎ目である分割線幅が格子周期程度であるので、ホログラム素子109のつなぎ目ではホログラム素子109の構造が乱れる。図4の拡大図では、このつなぎ目領域109bを破線で囲んで示した。このつなぎ目領域109bに照射された光は本来設計された方向とは異なる方向に回折される予期しない回折光となる。

【0038】図3に示すように第1の情報層111に焦点F0を合わせたとき、ホログラム面109a上での反射光111aの断面積はつなぎ目領域109bの面積に比べて十分大きく、つなぎ目領域109bで生じる予期しない回折光の影響は無視できる。ところが、第2の情報層112からの反射光112aの焦点F2がホログラム面109aの近傍に位置し、ホログラム面109a上での反射光112aの断面に含まれるつなぎ目領域109bの面積の割合が大きき場合、反射光112aに含まれる光のほとんどが予期しない回折光となり、この光が光検出器110での反射光111aのフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号に対しての外乱となつて、制御が不安定になる。

【0039】第1の情報層111と第2の情報層112との光学的距離 $t$ は光ディスク105によりばらつきを持つ。このばらつきを考慮して $t$ の最大値を $t_{\max}$ とする。実施の形態1では、ホログラム素子109のホログラム面109aと点Kとの光学的な距離 $h$ が、 $h > 2 \times t_{\max} \times \beta$ 、を満たすように構成する。これにより、第1の情報層111の情報記録・再生する際も第2の情報層112からの反射光112aのホログラム面109a上での断面積がある程度大きくなるので、つなぎ目領域109bの影響を小さくできる。これにより、予期しない回折光を減らすことができるので、第1の情報層111からの反射光111aの安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることができる。従来例の構成で、フォーカス誤差信号に外乱のつた場合、0.5  $\mu\text{m}$ 以上のデフォーカスを生じる場合がある。それに対し本実施の形態1を用いた場合はデフォーカスは0.1  $\mu\text{m}$ 以下に抑えられる。このため本実施の形態1を用いた光情報処理装置は、低い誤り率で情報の記録・再生が可能となる。

【0040】光ディスク105の一例として、第1の情報層111と第2の情報層112との層間の厚みのばら

つきの最大値を70  $\mu\text{m}$ 、屈折率のばらつきの最小値を1.45と仮定する。このとき、光学的な距離の最大値 $t_{\max}$ は約48  $\mu\text{m}$ となる。光ヘッド装置の一例として、対物レンズ104と焦点F0との光学的な距離 $f_1$ を3mm、検出レンズ108と点Kとの光学的な距離 $f_2$ を20mmとする。検出光学系の縦倍率は、 $\beta = (f_2 \cdot f_2) / (f_1 \cdot f_1)$ 、で与えられる。この例では、検出光学系の縦倍率は約4.4倍となる。従って、第1の情報層111に焦点F0を合わせたとき、第2の情報層112からの反射光112aの焦点F2は、点Kより検出レンズ108側に4.3mm離れた点に位置する。そこで、ホログラム素子109のホログラム面109aから点Kまでの光学的な距離を4.3mmより大きくするように光ヘッド装置を設計する。このことにより、2層の情報層間の光学的距離にばらつきを持つどのような光ディスク105に対しても、所定の情報層の反射光の安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることができる。低い誤り率で情報の記録・再生が可能となる。

【0041】さらに、ホログラム素子109のつなぎ目領域109bの面積が反射光112aのホログラム面109a上での断面積の5分の1程度以下であれば、つなぎ目領域109bからの予期しない回折光の影響を実質的に十分抑えられる。

【0042】波長 $\lambda$ の略平行の光束が開口数NAのレンズで集光されるとき、集光点からの距離を $d$ として、 $d$ が $\lambda / (NA \cdot NA)$ より大きいときには集光される光束の断面の直径 $D$ は $d$ に比例し、 $D = NA \cdot d$ で与えられる。

【0043】検出レンズ108の開口数NAを0.09、半導体レーザー101光の波長 $\lambda$ を650nmとする。さらに、図4の拡大図に示すように、ホログラム面109aのゾーンの分割線が反射光112aの断面の中央を通り互いに直交する2本の直線であるとし、ホログラム素子109の格子周期 $L$ を10  $\mu\text{m}$ 程度とすると、つなぎ目領域109bが反射光112aの断面積の5分の1程度以下であるためには、ホログラム面109a上での反射光112aの断面の半径は60  $\mu\text{m}$ 以上となる。従ってホログラム素子109のホログラム面109aが反射光112aの焦点F2から $d = 1.4\text{mm}$ 程度以上離れるようにすればよい。この場合には、ホログラム素子109のホログラム面109aから点Kまでの距離を4.3+1.4=5.7mm以上とすれば、ホログラム素子109のゾーンの分割線の影響を全く受けることはなくなり、層間距離のばらつきの範囲の限界の光ディスク105に対しても常に安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号をえることが可能になる。これにより、片側から記録・再生可能な2層の情報層を持つ情報記憶媒体に情報の記録や再生が低い誤り率で実現可能となる。

【0044】なお、実施の形態1では、2層の光ディスク105の情報層間の厚みと屈折率、対物レンズ104と焦点F0との光学的距離、検出レンズ108と点Kとの光学的距離、検出レンズ108の開口数および半導体レーザ101光の波長の数値を仮定したが、それらに限定されるものではない。

【0045】なお、実施の形態1では、ホログラム素子109と光検出器110との光学的な距離を大きくする設計となるので、所定の情報層の反射光のフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得るための光学系

の調整が容易に行えるという効果がある。

【0046】(実施の形態2) 本発明の実施の形態2として、片面から記録・再生可能な2層の光ディスクを想定した場合の光ヘッド装置及び光情報処理装置の構成をその動作とともに述べる。図6に実施の形態2の光学系の側面図を示す。実施の形態1と同様の働きを示すもの、および同様に定義される点等には同じ符号を用いる。実施の形態2では、ホログラム素子109のホログラム面109aと検出レンズ108から距離f2にある点Kとの光学的な距離を小さくした場合について述べる。

【0047】片面から記録・再生が可能な2層の光ディスク105の層間隔のばらつきを考え、その第1の情報層111と第2の情報層112との光学的な距離の最小値を $t_{\min}$ 、検出光学系の縦倍率を $\beta$ として、ホログラム素子109のホログラム面109aと点Kとの光学的な距離 $h$ が、 $h < 2 \times t_{\min} \times \beta$ 、を満たすように構成する。これにより、第1の情報層111の情報記録・再生する際も第2の情報層112からの反射光112aのホログラム面109a上での断面がある程度大きくなり、つなぎ目領域109bの影響を小さくすることができる。このため、つなぎ目領域109bの予期しない回折光を減らすことができるので、第1の情報層111からの反射光111aの安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることができる。本実施の形態2を用いた場合も、デフォーカスが $0.1 \mu\text{m}$ 以下に抑えることができ、従来例の $0.5 \mu\text{m}$ 以上に比べ大幅に改善される。これにより、低い誤り率で情報の記録・再生が可能となる。

【0048】光ディスク105の一例として、第1の情報層111と第2の情報層112との層間隔のばらつきの最小値を $40 \mu\text{m}$ 、屈折率のばらつきの最大値を1.65と仮定する。このとき、光学的な距離の最小値 $t_{\min}$ は約 $24 \mu\text{m}$ となる。光ヘッド装置の一例として、対物レンズ104と焦点F0との光学的な距離 $f1$ を $3 \text{mm}$ 、検出レンズ108と点Kとの光学的な距離 $f2$ を $20 \text{mm}$ とする。この例では、検出光学系の縦倍率 $\beta$ は約4.4倍となる。従って、第1の情報層111に焦点F0を合わせたときの第2の情報層112からの反射光112aの焦点F2は、点Kより検出レンズ108側に2、

1mmだけ離れた点に位置する。そこで、ホログラム素子109のホログラム面109aから点Kまでの光学的な距離が $2.1 \text{mm}$ より小さくなるように光ヘッド装置を設計する。

【0049】こうすることにより、2層の情報層間の光学的距離にばらつきを持つような光ディスク105に対しても、所定の情報層の反射光の安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることができ、低い誤り率で情報の記録・再生が可能となる。

【0050】さらに、ホログラム素子109のつなぎ目領域109bの面積が反射光112aのホログラム面109a上での断面積の5分の1程度以下であれば、つなぎ目領域109bからの予期しない回折光の影響を実質的に十分抑えられる。

【0051】光学系の一例として、検出レンズ108の開口数NAを0.09、半導体レーザ101光の波長 $\lambda$ を $650 \text{nm}$ とする。この例では、実施の形態1と同様の仮定と計算により、ホログラム素子109のホログラム面109aは、反射光112aの焦点から $d=1.4 \text{mm}$ 程度以上離せばよい。この場合には、ホログラム素子109のホログラム面109aから点Kまでの距離を $2.1-1.4=0.7 \text{mm}$ 以下にすれば、ホログラム素子109のゾーンの分割線の影響を全く受けることはなくなり、層間距離のばらつきの範囲の境界の光ディスク105に対して常に安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることが可能になる。これにより、本実施の形態の光情報処理装置は片面から記録・再生可能な2層の情報層を持つ情報記録媒体に情報の記録や再生が低い誤り率で実現可能となる。

【0052】なお、実施の形態2では、2層の光ディスク105の情報層間の厚みと屈折率、対物レンズ104と焦点F0との光学的距離、検出レンズ108と点Kとの光学的距離、検出レンズ108の開口数および半導体レーザ101の光の波長の数値を仮定したが、それらに限定されるものではない。

【0053】なお、実施の形態2では、ホログラム素子109と光検出器110との光学的な距離を小さくできるので、光ヘッド装置全体を小さくすることができるといふ効果がある。

【0054】(実施の形態3) 本発明の実施の形態3として、片面から記録・再生可能な3層の光ディスクを想定した場合の光ヘッド装置及び光情報処理装置の構成をその動作とともに述べる。

【0055】図7に実施の形態3の光ディスク113の略構造と光学系の光検出器110付近の側面図を示す。実施の形態1または2と同様の働きを示すもの、および同様に定義される点等には同じ符号を用いる。光ディスク113は、第1の情報層114、第2の情報層115、第3の情報層116を持つ。第1、2、3の情報層114、115、116からのそれぞれの反射光114

a、115a、116aの検出レンズ108によるおのおの焦点をF1、F2、F3とする。第1の情報層114に焦点F0を合わせたときの反射光114aの検出レンズ108による焦点F1を点Kと定義し、点Kと検出レンズ108との距離をf2とする。

【0056】第1の情報層114と第2の情報層115、および第2の情報層115と第3の情報層116の層間隔はそれぞれ40μmであるとし、各情報層間の媒質の屈折率を1.5と仮定する。また検出光学系の縦倍率βを4.4倍とする。第1の情報層114に検出レンズ104の焦点F0を合わせたとき、第2の情報層115と第3の情報層116からのそれぞれの反射光115aと反射光116aの各々の焦点F2と焦点F3は点Kより検出レンズ108側にそれぞれ2.4mmと、4.7mmのところに位置する。したがって、ホログラム素子109のホログラム面109aを点Kから光学的な距離が3.6mmの位置になるように光ヘッド装置を設計すればよい。これにより、反射光115aおよび/または反射光116aのホログラム面109a上での予期しない回折光の影響を抑えることができるので、第1の情報層114からの反射光114aに対する外乱の少ないフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号が得られ、安定な制御が実現できる。この場合もデフォーカスが0.1μm以下に抑えることができ、従来例の0.5μm以下のデフォーカスに比べ大幅に改善される。

【0057】このように本実施の形態3の光ヘッド装置及び光情報処理装置を用いれば、2層以上の情報層を持つ光ディスクも、低い誤り率で情報の記録・再生が可能となる。

【0058】なお、実施の形態3では、3層の光ディスク113の情報層間の各層の厚みと屈折率および検出光学系の縦倍率βの数値を仮定したが、それらに限定されるものではなく、もっと多層の場合でも同様な効果を得ることができる。

【0059】(実施の形態4)本発明の実施の形態4として、片面から記録・再生可能な2層の光ディスクを想定した場合の光ヘッド装置において、検出光学系の途中にビーム整形プリズムが入り、検出光学系の縦倍率が方向により異なる場合の光ヘッド装置の構成をその動作とともに述べる。

【0060】情報記憶媒体としての光ディスクへの情報の記録・再生を目的とした光ヘッド装置では、半導体レーザからの光を効率よく利用し、円形の集光スポットを得るために、ビーム整形を行う。これはビーム整形プリズムを用いて、半導体レーザの出射光束の広がり角の広い側の取り込み率を広がり角の狭い側のそれより相対的に上げることにより実現される。

【0061】半導体レーザの広がり角の具体的な数値の例をあげる。光量分布の半値全幅で示すと、狭い方が9度、広い方が24度である。したがって、広がり角の狭

い9度の方向を光学的に2.5倍すれば、光量分布が方向によらず、ほぼ均一な広がりを持つようになる。

【0062】図8に、実施の形態4の光学系の側面図を示す。前出の実施の形態と同様の働きを示すもの、および同様に定義される点等には同じ符号を用いる。半導体レーザ101からでた光はコリメータレンズ102で平行光になりビームスプリット103で反射される。その光は、倍率変換手段としてのビーム整形プリズム121で、特定の方向に折り曲げられ、その方向に光が広げられる。この光は、対物レンズ104で光ディスク105に集光される。対物レンズ104から出射される光の焦点をF0とする。光ディスク105の第1の情報層111または第2の情報層112で反射・回折した光は、再び対物レンズ104を通り平行光になる。この光は倍率変換手段としてのビーム整形プリズム121で再び折り曲げられ、その方向に光は縮小される。この光はビームスプリット103を透過し検出レンズ108で集光される。さらに、ホログラム素子109で回折され光検出器110で受光される。

【0063】倍率変換手段としてのビーム整形プリズム121は検出光学系の特定の方向の縦倍率を変化させる。そのビーム整形プリズム121により折り曲げられる前後両方の光軸を含む平面に平行な平面方向では、検出光学系の縦倍率は変化しないが、折り曲げられる前後両方の光軸を含む平面に直交する平面方向では、検出光学系の縦倍率が変化する。図9に第1の情報層111に焦点F0を合わせたとき、第2の情報層112からの反射光112aのホログラム素子109のホログラム面109a上での断面の形を示す。ここでは倍率変換手段としてのビーム整形プリズム121により、反射光112aは特定の方向(図9中ではY方向)に縮小されるので、反射光112aのホログラム面109a上での断面形状は楕円となる。このY方向ではX方向に比べ検出光学系の縦倍率が高くなっているため、第2の情報層112と対物レンズ104の距離が変わると、X方向に比してホログラム面109a上での断面の径の変化が大きくなる。

【0064】対物レンズ104の焦点F0を第1の情報層111に合わせたとき、第1の情報層111の反射光111aの検出レンズ108による焦点F1の位置を点Kと定義し、点Kと検出レンズ108との距離をf2とする。第2の情報層112の反射光112aが倍率変換手段としてのビーム整形プリズム121と検出レンズ108とによりY方向に設けた焦線となるY方向の点をY方向の焦点F2とする。

【0065】光ディスク105の2層の情報層間の光学的な距離のばらつきの最大値をtmax、検出光学系のY方向の縦倍率をβ1、ホログラム素子109のホログラム面109aと点Kとの光学的な距離をhとする。

【0066】ここでhが、 $2 \times t_{\max} \times \beta_1$ 、にほぼ等

しと仮定する。このとき、第1の情報層111に焦点F0を合わせると焦点F2はホログラム面109aの近傍に位置し、第2の情報層112で反射された反射光112aのホログラム面109a上での断面は図10に示したようにY方向にのみ集光され、その断面がほぼ直線となる。このとき、反射光112aのY方向に集光された光がホログラム面109aの分割線と重なると、予期しない回折光を生じ、安定なフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号が得られない。

【0067】実施の形態4では、 $h > 2 \times t \times \max \times \beta 1$ 、を満たすように光ヘッド装置を設計する。光情報処理装置としての構成は図35に示したものであり、従来例と同様なもので詳細な説明は省略する。

【0068】光ディスク105として、第1の情報層111と第2の情報層112の層間の厚みのばらつきの最大値を $70 \mu\text{m}$ 、屈折率のばらつきの最小値を1.45と仮定する。このとき、光学的な距離の最大値 $t \times \max$ は約 $48 \mu\text{m}$ となる。光ヘッド装置の一例として、対物レンズ104と焦点F0との光学的な距離 $f1$ を $3\text{mm}$ 、倍率変換手段としてのビーム整形のY方向の倍率を2倍、検出レンズ108から点Kまでの距離 $f2$ を $10\text{mm}$ とする。検出光学系のY方向の縦倍率 $\beta1$ は、 $\beta1 = (f2 \cdot f2 \cdot 2 \cdot 2) / (f1 \cdot f1)$ 、で与えられる。この例では、検出光学系の縦倍率 $\beta1$ は約4.4倍となる。したがって、第1の情報層111に焦点F0を合わせたとき、第2の情報層112からの反射光112aのY方向の焦点F2は、点Kより検出レンズ108側に4.3mmだけ離れた点に位置する。そこで、ホログラム素子109のホログラム面109aと点Kとの光学的な距離を4.3mmより大きくなるように光ヘッド装置を設計する。こうすることにより、2層の情報層間の光学的距離にばらつきを持つどのような光ディスク105に対しても、所定の情報層の反射光の安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることができる。ビーム整形プリズムを用いた従来例の構成では、デフォーカスが約 $1.0 \mu\text{m}$ 発生するのに対し、本実施の形態では $0.1 \mu\text{m}$ 以下のデフォーカスに抑えられる。このため本実施の形態4の光情報処理装置を用いると、低い誤り率で情報の記録・再生が可能となる。

【0069】さらに、ホログラム素子109のつなぎ目領域109bの面積が反射光112aのホログラム面109a上での断面積の5分の1程度以下であれば、つなぎ目領域109bからの予期しない回折光の影響を実質的に十分抑えられる。このような光ヘッド装置の設計にすれば、層間距離のばらつきの範囲の限界の光ディスク105に対しても常に安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることが可能になる。

【0070】なお、実施の形態4では、2層の光ディスク105の情報層間の厚みと屈折率および倍率変換手段としてのビーム整形のY方向の縦倍率の数値を仮定した

が、本発明の効果は、それらに限定されるものではない。

【0071】(実施の形態5) 次に実施の形態5として、実施の形態4の場合と同様に、検出光学系の途中にビーム整形プリズムが入り、検出光学系の縦倍率が方向により異なる場合の光ヘッド装置で、複数の情報層を持つ情報記憶媒体を片側から記録・再生する場合について述べる。前の実施の形態と同様の働きを示すものには同じ符号を用いる。

10 【0072】光学系の構成は実施の形態4と同様であるので詳細の説明は省略する。

【0073】対物レンズ104の焦点F0を第1の情報層111に合わせたとき、第1の情報層111の反射光111aの検出レンズ108による焦点F1の位置を点Kと定義し、点Kと検出レンズ108との距離を $f2$ とする。第2の情報層112の反射光112aが、検出レンズ108とビーム整形プリズムによりY軸方向に絞れた焦線となる点をY方向の焦点F2とする。

20 【0074】片面から記録・再生可能で複数の情報層を持つ光ディスク105の、情報層間の光学的な距離を $t$ 、検出光学系のY軸方向の縦倍率を $\beta1$ とする。ホログラム素子109のホログラム面109aと点Kとの光学的な距離を $h$ とする。

【0075】ここで $h$ が $t$ と $\beta1$ の積の2倍にほぼ等しいと仮定する。このとき、第1の情報層111に焦点F0を合わせると、F2はホログラム面109aの近傍に位置し、第2の情報層112で反射された反射光112aのホログラム面109a上での断面は、図10に示したようにY軸方向にのみ集光され、その断面がほぼ直線となる。

30 【0076】本発明に係る実施の形態5では、ホログラム素子109のかわりに、図11に示したようなホログラム素子122を用いる。ホログラム素子122では、X軸に平行な方向の分割線を一直線上に並べず、ゾーンごとにずらす。図11では、その実現手段の一例として分割線122bを矩形波状にしている。これにより、反射光112aと分割線とが重なる面積の割合を抑えることができるので、予期しない反射光の影響を減らすことができる。従って、フォーカス制御を安定に行うことができる。従来例の構成では約 $1.0 \mu\text{m}$ のデフォーカスが発生していたものが、本実施の形態5では $0.2 \mu\text{m}$ 以下のデフォーカスに抑えられる。本実施の形態5の光情報処理装置を用いた場合、低い誤り率で情報の記録・再生を行うことができる。

【0077】また、図11のようなホログラム素子122を用いると、ホログラム素子122の分割線122bと反射光112aとの位置関係のY軸方向のずれに対して、位相差法によるトラッキング誤差信号の低下割合が小さくなる。これにより調整に対するマージンが広がり、組立のコストを下げることができるという効果が

ある。

【0078】また別の例として、ホログラム素子122の代わりに、図12のようなホログラム素子123を用いてもよい。ホログラム素子123では、分割線123bが反射光112aの焦線の方向と5度の角度を持つ。この場合も、反射光112aがY軸方向に収束されるときにも、分割線123bと重なる面積を小さくすることができ、予期しない回折光の影響を小さくすることができるので、安定したフォーカス制御が実現できる。なお、図12では、ホログラム素子123の分割線123bが反射光112aの焦線の方向と5度の角度を持つとしたが、分割線123bと反射光112aの焦線のなす角度は、5度に限らず、5度以上でありさえすればよい。

【0079】また、更に別の例として図13に示すように、ホログラム素子124のように分割線124bがランダムに並んでいても同様の作用に基づき同様な効果が得られる。

【0080】(実施の形態6)本発明の実施の形態6として、片面から記録・再生可能な2層の光ディスクを想定した場合の光ヘッド装置において、波面変換手段としてホログラム素子を用いたとき、所定の情報層以外の反射光のホログラム素子上へ集光された光の断面の直径と、ホログラム素子の格子周期とが同程度となる制約を受けた場合の光ヘッド装置の構成をその動作とともに述べる。

【0081】検出光学系で集光される光の断面の大きさは検出レンズの開口数NAと光の波長 $\lambda$ によって決まる。

【0082】検出レンズの焦点から光軸方向への距離dが、 $d < \lambda / (NA \cdot NA)$  の範囲では、光の断面の直径Dはほとんど変化せず、 $D = \lambda / NA$ 、程度となる。

【0083】これに対して距離dが、 $d > \lambda / (NA \cdot NA)$  の範囲では、光の断面の直径Dは距離dに比例し、 $D = NA \cdot d$ 、で与えられる。

【0084】実施の形態6を図3を用いて説明する。前出の実施の形態と同様の働きを示すもの、および同様に定義される点等には同じ符号を用いる。図3に示すように、光ディスク105の第1の情報層111に検出点F0を合わせるとき、第2の情報層112からの反射光112aの検出レンズ108による焦点F2が、ホログラム素子109のホログラム面109aの近傍にある場合を仮定する。反射光112aのホログラム面109a上での断面内にホログラム面109aのゾーンの分割線を含まない場合でも、反射光112aのホログラム面109a上での断面の直径Dがホログラム素子109の格子周期Lより小さいと、ホログラム素子109は設計されたとおりの機能を果たさず、予期しない回折光を生じる。これはホログラム素子109の溝のある片側斜面のみに

反射光112aが当たり回折光のバランスが崩れるためである。

【0085】そこで、ホログラム素子109の格子周期Lより、反射光112aのホログラム面109a上での断面の直径Dが大きくなるような光学系を構成すればよい。図14にホログラム素子109の一部と反射光112aを示す。

【0086】検出レンズ108の開口数NAを0.09、半導体レーザ101光の波長 $\lambda$ を650nmと仮定すると反射光112aの断面の直径は最小値でも約7 $\mu$ mになる。従って、ホログラム素子109の格子周期Lが約7 $\mu$ m以下になるよう設計すればよい。この場合、ホログラム素子109のホログラム面109aと反射光112aの検出レンズ108による焦点F2との位置関係に関わらず、予期しない回折光を抑えることができる。こうすることにより、所定の情報層の反射光の安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることができる。従来例の構成で回折格子の間隔より反射光の断面の直径が小さい場合は0.5 $\mu$ m以上のデフォーカスが生じる。それに対し本実施の形態の構成を用いた場合、0.2 $\mu$ m以下のデフォーカスに抑えることができる。このように本実施の形態の光情報処理装置を用いた場合、低い誤り率で情報の記録・再生が可能となる。

【0087】また、別の仮定として、ホログラム素子109の格子周期Lが10 $\mu$ m程度と仮定する。検出レンズ108の開口数NAを0.09、半導体レーザ101光の波長 $\lambda$ を650nmとすると、反射光112aのホログラム面109a上での断面の直径Dが10 $\mu$ mを超えるのは、反射光112aの検出レンズ108による焦点F2とホログラム面109aとの距離をdとして、 $d = 0.11$ mm以上のときである。したがって、この場合には、ホログラム素子109のホログラム面109aと点Kとの距離を、光ディスク105の層間の光学的な距離の最悪値を考えた場合から更に0.11mm以上距離を取れば、どのような光ディスク105に対しても、予期しない回折光の生じる原因を除去できる。こうすることにより、所定の情報層の反射光の安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることができ、低い誤り率で情報の記録・再生が可能となる。

【0088】なお、実施の形態6では、ホログラム素子109の格子周期L、検出レンズ108の開口数NAおよび半導体レーザ101光の波長 $\lambda$ の数値を仮定したが、本発明の効果は、それらに限定されるものではない。

【0089】なお、以上説明してきた実施の形態1から6では、ことわりがない限り波面変換手段としてはホログラム素子109を、光源としては半導体レーザ101を示す。

【0090】また、波面変換手段がホログラム素子10

9ではなく、段差プリズム120であった場合の光学系の側面図を図5に代表して示す。光ディスク105の第1の情報層111または第2の情報層112で回折・反射した反射光111aおよび112aは対物レンズ104、ビームスプリッタ103、検出レンズ108を経て、段差プリズム120によりフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号が検出可能な光束になる。

【0091】段差プリズム120を用いた場合でも、稜や段差付近には崩れ等があり、やはり数μm程度の幅で通常の機能が期待できない段差領域がある。そこで、第1の情報層111の情報を記録・再生する際、第2の情報層112で反射された反射光112aの段差プリズム120上での断面積に占める段差領域の面積が小さくなるように段差プリズム120と点Kとの光学的な距離を設計すればよい。この距離の決め方は、波面変換手段としてホログラム素子109を用いる場合と同様である。このように本発明では、波面変換手段として段差プリズム120を用いた場合でも安定したフォーカスおよび/またはトラッキング誤差信号を得ることができ、情報の記録・再生を低い誤り率で実現できる。

【0092】また、図1に代表して示したように、検出面110a上に点Kが存在する構成を示してきたが、必ずしも点Kは検出面110a上にある必要はない。図2に示すように、点Kが検出面110a上にない装置構成でも、本発明の効果を得ることができる。

【0093】また、以上説明した実施の形態1から6では、半導体レーザ101と光検出器110とが独立に存在し、ビームスプリッタ103で光を合成・分離しているが、半導体レーザ101と光検出器110とを一体化した、LD-PDモジュールを用いても、実施の形態1から6のいずれに対しても同様な効果が得られる。

【0094】また、情報層としては、ポリカーボネート等の基板に微少な凹凸を転写し、アルミニウム等を適当な透過率・反射率を持つよう蒸着した再生専用の情報層がある。また、結晶の状態で反射率が変わるような物質や、磁化の方向を制御できる物質、熱や光により構造の変化する色素等を膜状につけた記録可能な情報層や、媒質の構造変化により屈折率が変化する情報層などがある。

【0095】さらに、本発明の実施の形態1、2、4、5および6では2層の、実施の形態3では3層の情報記憶媒体を想定した場合の光ヘッド装置について述べてきたが、本発明は2層または3層の情報記憶媒体に限定されたものではなく、情報層を複数持つ多層情報記憶媒体にも適応される。

【0096】複数の情報層を持つ多層情報記憶媒体の構造としては、実質的に同じ厚さの複数枚の基板のそれぞれに情報層を作り、情報層を内側に適当な厚さの中間層を設けて、これらを張り合わせた構造や、複数枚の基板の片側に情報層と中間層とを交互に積み上げ最後

に保護層をつけた構造がある。

【0097】(実施の形態7) 本発明の実施の形態7として、トラッキング誤差信号を位相差法により得る場合に、トラックの接線方向であるタゼンシャル方向に光量の少ない側からのみトラッキング誤差信号を得る光ヘッド装置及び光情報処理装置について述べる。

【0098】図15にこの実施の形態7の光学系の側面図を示す。構成は図32の従来例で説明した通りなので詳しい説明は省略する。図16にホログラム素子109と光検出器110の概略図を示す。また、情報面131で反射した反射光131aと、ホログラム素子109による±1次回折光131b、131cの検出面110a上での断面図も図16に示す。図16についても図33の従来例で説明した通りなので詳しい説明は省略する。また光情報処理装置としての構成も図35に示すが、従来例で説明したとおりなので詳細な説明は省略する。

【0099】図17に、本実施の形態7のトラッキング誤差信号を得るための回路構成図及び欠陥検出のための回路構成図を示す。加算器301は、光検出器110の検出領域204と検出領域205とで受光された光量に応じて得られる信号t1、t2を受けてその和信号を出力する。また加算器302は、検出領域206と検出領域207とで受光された光量に応じて得られる信号t3、t4を受けてその和信号を出力する。加算器303は、加算器301と加算器302との出力信号を受けてその和信号を出力する。この加算器301からの出力信号がRf信号Rf1となる。

【0100】比較回路304は、加算器301と加算器302との出力信号を受け、入力信号からRf信号の周波数帯域より低い周波数帯域の信号を抽出し、それら2つの入力信号の低域成分の大きさを比較し、結果を出力する。

【0101】制御回路305は、比較回路304の出力信号を受けてスイッチ306とスイッチ307とを制御する。スイッチ306は信号t2を接点s1に、信号t4を接点s2に受け、各スイッチの状態により信号t2またはt4のどちらかを出力する。スイッチ307は信号t1を接点s3に、信号t3を接点s4に受け、スイッチの状態により信号t1またはt3のどちらかを出力する。

【0102】制御回路305は、加算器301の出力信号の低域成分が加算器302の出力信号の低域成分より大きいとき、スイッチ306は接点s2と接続し、スイッチ307は接点s4と接続するように制御する。また加算器301の出力信号の低域成分が加算器302の出力信号の低域成分より小さいとき、スイッチ306は接点s1と接続し、スイッチ307は接点s3と接続する。従って、t1及びt2の和信号の低域成分とt3及びt4の和信号との低域成分を比較し、和が小さい方の信号がスイッチ306及びスイッチ307から出力され

る。

【0103】位相差信号生成回路308は、スイッチ306とスイッチ307とからの出力信号を受けてその時間的な位相差を検出し、トラッキング誤差信号TEOを出力する。また加算器309は、スイッチ306とスイッチ307との出力信号を受けてその和信号を出力する。

【0104】欠陥検出回路310は加算器309の出力信号を受け、欠陥検出信号DEDを出力する。欠陥検出信号DEDは、光ディスク130の表面に付いた汚れ等により、光ディスク130に記録されている信号の周波数帯域より低い周波数帯域で入力RF信号が低下した場合に出力される。

【0105】サンプル&ホールド回路311は、位相差信号生成回路308から出力されるトラッキング誤差信号TEOを受けて、欠陥検出信号DEDが欠陥検出状態を示す時には、欠陥検出状態に入る直前のトラッキング誤差信号TEOを保持した信号を出力し、非欠陥状態を示す時には、入力されたおりの信号TEOを出力する。

【0106】図18に、ホログラム素子109の、トラックの接線方向と略垂直な分割線109bの位置の、反射光131aに対しての、トラックの接線方向であるタンゼンシャル方向のずれと、位相差法によるトラッキング誤差信号の振幅との関係を示す。ここでは、光ディスク130としてDVDのディスクを、光ヘッド装置としてDVD用光ヘッドを想定し、トラックに光線が正確に集光されたときの分割線109bのタンゼンシャル方向のずれを横軸、位相差法によるトラッキング誤差信号の振幅を縦軸としている。

【0107】分割線109bの位置ずれは、反射光131aの断面のタンゼンシャル方向の半径に対する比で表す。トラッキング誤差信号の振幅は、分割線109bの位置ずれがなく、反射光131aの断面の中心を通るときの振幅を100%として規格化している。

【0108】図18に示したように、従来例では、分割線109bの位置がタンゼンシャル方向の半径に対し0.4のずれで、トラッキング誤差信号の振幅は70%に低下し、0.6のずれでは振幅は35%に低下する。一方、本実施の形態7では、分割線109bの位置がタンゼンシャル方向の半径に対し0.4のずれでも、トラッキング誤差信号の振幅はむしろ増加し、0.6のずれでも、振幅は90%以上を保つことができる。つまり、実施の形態7では、図18に示すように、トラッキング誤差信号の振幅の変化が小さい。これは、トラックに光線が正しく集光されたときの分割線109bのタンゼンシャル方向のずれが大きいために、トラッキング誤差信号は感度よく検出されるということを示している。

【0109】以上のように本実施の形態7では、分割線

109bがずれてもトラッキング誤差信号の振幅の低下量を小さくできるので、トラッキング制御を安定に行うことができるという大きな効果が得られる。これにより、光ディスクへの情報の記録・再生を低い誤り率で行うことができる。これは光ヘッド装置の組立の精度をゆるめることができることを意味している。この技術により、調整を省くことによる組立工数の低減や、加工精度の低減等、光ヘッド装置の性能を下げることなくコストダウンが実現できる。

【0110】また、特に本実施の形態7の光情報処理装置では、位相差のトラッキング誤差信号を得る領域を動的に切り替えるため、初期の調整ずれ等による、分割位置ずれのみではなく、経時変化による分割位置ずれが生じて、本発明の効果を得ることができる。

【0111】また、本実施の形態7の光情報処理装置では、欠陥検出回路310に入力する信号として、トラッキング誤差信号の生成に使っている信号のみを使用している。従来例のように全光量を用いて欠陥検出を行うと、全光量の和信号に欠陥の影響が現れる前に、トラッキング誤差信号に欠陥の影響が現れ、そこで信号をホールドしても欠陥の影響を抑えることができなかった。本実施の形態7のように、光の一部のみを使用してトラッキング誤差信号を得る場合には、トラッキング誤差信号を得ている検出領域から得られる信号のみを用いて欠陥検出を行えば、この課題を解決できる。この場合、光ディスクの表面に例えばゴミ等が付着していても、安定してトラッキング制御を行うことができる。

【0112】なお、本実施の形態では、ホールドするのはトラッキング誤差信号のみとしたが、欠陥検出回路の出力信号を用いてフォーカス誤差信号を同時にホールドすれば、欠陥によりフォーカスがはずれたりするのを防ぐことができる。この場合トラッキング制御の安定化と同時に、フォーカス制御の安定化を実現することができる。

【0113】また、ここでは光源としての半導体レーザ101と光検出器110とが別に存在し、ビームスプリッタ103で光を合成・分離しているが、半導体レーザ101と光検出器110とを一体化した、LD-PDモジュールを用いても本実施の形態の効果は同様に分得られる。

【0114】なお、ここでは光線分割手段としてホログラム素子を用いたが、他の手段を用いてもよい。図19に、他の光線分割手段として段差プリズム120を用いた場合の光学系の側面図を示す。詳細な説明は省くが、情報層131からの反射光131aは、段差プリズム120により分割光線131dと131eとに分割され、光検出器110で受光される。このような光学系の場合も、実施の形態7の回路系と組み合わせることにより図15の光学系の場合と同様の効果が得られる。

【0115】(実施の形態8) 本発明の実施の形態8と

して、実施の形態7のスイッチの代わりに、ジャンパススイッチで切り替える場合の光ヘッド装置及び光情報処理装置について述べる。

【0116】図20に、実施の形態8の回路構成図を示す。実施の形態7と同様の働きを示すものには同じ符号を用いる。

【0117】加算器301は、光検出器110の検出領域204と検出領域205とで受光された光量に応じて得られる信号 $t_1$ 、 $t_2$ を受けて、その和信号を出力する。また加算器302は、検出領域206と検出領域207とで受光された光量に応じて得られる信号 $t_3$ 、 $t_4$ を受けて、その和信号を出力する。

【0118】テストポイントTp321では加算器301の出力信号を得られ、テストポイントTp322では加算器302の出力信号が得られる。加算器303は、加算器301と加算器302との出力信号を受けて、その和信号を出力する。この出力信号がRF信号RF $t$ となる。

【0119】ジャンパススイッチ323は、信号 $t_2$ を接点 $s_1$ に、信号 $t_4$ を接点 $s_2$ に受け、ジャンパ線の位置により信号 $t_2$ または信号 $t_4$ のどちらかを出力する。ジャンパススイッチ324は、信号 $t_1$ を接点 $s_3$ に、信号 $t_3$ を接点 $s_4$ に受け、ジャンパ線の位置により信号 $t_3$ または $t_3$ のどちらかを出力する。ジャンパススイッチ323とジャンパススイッチ324とのジャンパ線の位置は、光ヘッド装置の組立時に実際に光ディスクを再生し、テストポイントTp321とテストポイントTp322とで得られる信号を比較して決定される。

【0120】テストポイントTp321の信号の低域成分がテストポイントTp322の信号の低域成分より大きいとき、ジャンパススイッチ323のジャンパ線は接点 $s_2$ と出力端子が接続するように設置され、ジャンパススイッチ324のジャンパ線は接点 $s_4$ と出力端子が接続するように設置される。また、テストポイントTp321の信号の低域成分がテストポイントTp322の信号の低域成分より小さいとき、ジャンパススイッチ323のジャンパ線は接点 $s_1$ と出力端子が接続するように設置され、ジャンパススイッチ324のジャンパ線は接点 $s_3$ と出力端子が接続するように設置される。従って、 $t_1$ 及び $t_2$ の和信号の低域成分と $t_3$ 及び $t_4$ の和信号の低域成分とを比較し、和が小さい方の信号がジャンパススイッチ323及びジャンパススイッチ324から出力される。

【0121】位相差信号生成回路308は、ジャンパススイッチ323とジャンパススイッチ324とからの出力信号を受けて、その時間的な位相差を検出し、トラッキング誤差信号TEOを出力する。欠陥検出回路310とサンプル&ホールド回路311との動作は、実施の形態7と同様なので詳しい説明は省略する。

【0122】本実施の形態8を用いた場合、実施の形態

7のような比較回路304や制御回路305が不要となり、回路系を簡略化できる。光ヘッド装置の組立時の設定ずれに応じてジャンパススイッチを設定するので、実施の形態7と同様な効果を得られる。

【0123】また分割線109bのずれは、光ヘッド装置の組立時に主に発生するものであるから、光ヘッド装置を回路系に接続した際に、光ヘッド装置に固有のずれに応じて回路系の設定を一度行えば、安定なトラッキング誤差信号を得ることができる。これにより回路的な負担を増やすことなく大きな効果が得られる。なお、欠陥検出回路の部分は、実施の形態7と同様なので説明を省略する。

【0124】従って、本実施の形態の光情報処理装置のようにスイッチの代わりにジャンパススイッチを用いても、トラッキング誤差信号で用いる信号のみから欠陥検出を行うことにより、実施の形態7と同様の効果が得られる。

【0125】(実施の形態9)実施の形態9として、光線分割手段が光線の約半分のみを回折するような構成の光ヘッド装置及び光情報処理装置について述べる。前の実施の形態と同様の働きを示すものには同じ符号を用いる。

【0126】図21に、実施の形態9の光学系の側面図を示す。主な働きは実施の形態7の図15と同様なので詳しい説明は省略する。反射光131aはホログラム素子125により回折され、光検出器126で受光される。

【0127】図22に、本実施の形態9のホログラム素子125のゾーン分割のパターンと、光検出器126の検出領域のパターンとを示す。ホログラム素子125は、光ディスク130のトラックの接線と略垂直な分割線125bにより、2つの領域125cと領域125dとに分けられる。領域125cには、ホログラムの回折格子が形成されており、ここに照射された反射光131aは回折光131bと131cとを生じる。領域125dには、回折格子が形成されておらず、反射光131aは素通りし、光検出器126の検出領域215に入射する。領域125cで回折された1次の回折光131bは、フォーカス誤差信号の検出に用いられ、+1次の回折光131cは、トラッキング誤差信号の検出に用いられる。

【0128】なお、各ゾーンに付けられた記号は、図22の光検出器126上の回折光の断面の記号に対応する。大文字A～Bのゾーンから生じる1次回折光131bは、検出レンズ108から見て、光検出器126の検出面126aより後側で焦点を結ぶ。一方、小文字a～bのゾーンから生じる1次回折光131bは、検出レンズ108から見て、光検出器126の検出面126aより前側で焦点を結ぶ。光ディスク130の情報面131に、対物レンズ104の焦点F0が合わされると



き、光検出器126上の小文字で表した検出スポットと大文字で表した検出スポットと同じ大きさになるようにホログラム素子125は設計されている。

【0129】検出領域211、212で受光した光の光量に応じて得られる信号を、それぞれ信号 $f_1$ 、 $f_2$ とする。フォーカス誤差信号 $F E$ は、式、

$$F E = f_1 - f_2$$

の演算から得られる。

【0130】+1次の回折光131cは、検出領域213、214で検出される。光検出器126の検出領域213、214で受光した光の光量に応じて得られる信号を、それぞれ信号 $t_1$ 、 $t_2$ とする。位相差法のトラッキング誤差信号 $T E$ は、信号 $t_1$ と信号 $t_2$ との時間的位相を比較することにより得られる。

【0131】情報を再生するための $R F$ 信号は、検出領域215で受光した光の光量に応じて得られる信号を信号 $s$ とし、式、

$$R F = f_1 + f_2 + t_1 + t_2 + s$$

の $R F$ で与えられる。

【0132】本実施の形態9では、反射光131aの光軸に平行で、集光光学系としての対物レンズ104の中心を通る主光線131dが、領域125cに含まれないように設計する。このような設計により、反射光131aの分割線125bによる分割の面積の小さい側からトラッキング誤差信号を生成することになる。

【0133】こうした場合、領域125cに受光される光量は、領域125dに受光される光量に比べて小さくなるので、実施の形態7で用いた図18に示したように、分割線125bに対しての反射光131aの位置のずれに対し、トラッキング誤差信号の振幅の変化が小さくなるので、安定したトラッキング制御が実現できる。このため本実施の形態の光情報処理装置では低い誤り率で情報の記録・再生が可能となる。また、この設計により位置ずれを許容できるようになるので、ホログラム素子125の設定精度や、光学系の調整精度を下げることで、光ヘッド装置の性能を下げることなく、コストを下げることができる。

【0134】なお、実施の形態9では、光線分割手段としてホログラム素子を用いたが、段差プリズム等の光線分割手段を用いても、同様の効果を得ることができる。

【0135】(実施の形態10) 実施の形態10として、フォーカス誤差信号を得る方法として非点収差法、トラッキング誤差信号を得る方法として位相差法を用い、光検出器の検出領域の分割線により光線を分割する光ヘッド装置及び光情報処理装置について述べる。前の実施の形態と同様の働きを示すものには同じ符号を用いる。

【0136】図23に、本実施の形態10の光学系の側面図を示す。光源としての半導体レーザ101から出た光は平行平板127で反射され、コリメータレンズ10

2で平行光になる。この光は、更に集光光学系としての対物レンズ104により、情報記憶媒体としての光ディスク130の情報層131上に集光される。対物レンズ104により集光される光の焦点を $F 0$ とする。アクチュエータ107は、対物レンズ104と保持手段106とを、光ディスク130の面振れや偏芯に追従して移動する。

【0137】情報層131で回折・反射された反射光131aは、再び対物レンズ104を通り平行光となる。この平行光はコリメータレンズ102で収束光となり、平行平板127を透過する際に非点収差を与えられる。非点収差を与えられた反射光131aは光検出器128により電気信号に変換される。

【0138】図24に、トラッキング誤差信号を得るための回路構成図及び欠陥検出のための回路構成図を示す。光検出器128は検出領域221～224を持つ。対物レンズ104から出力される光の焦点 $F 0$ が光ディスク130の情報層131に合わされたとき、情報層131からの反射光131aの光検出器128の検出面128a上での断面が、略円形になるように配置されている。

【0139】対物レンズ104と光ディスク130との距離が変化すると、非点収差を持った反射光131aの断面は検出面128aの対角方向に伸縮する。従って、光検出器128の対角方向に位置する検出領域の和信号どうしの差を取ることで、フォーカス誤差信号が得られる。

【0140】光検出器の検出領域221～224から受光した光量に応じて得られる信号をそれぞれ $t_1 \sim t_4$ とすると、フォーカス誤差信号 $F E$ は、式、
$$F E = (t_1 + t_3) - (t_2 + t_4)$$
で与えられる。

【0141】加算器301は、光検出器128の検出領域221と検出領域222とで受光された光量に応じて得られる信号 $t_1$ 、 $t_2$ を受けて、その和信号を出力する。また、加算器302は、検出領域223と検出領域224とで受光された光量に応じて得られる信号 $t_3$ 、 $t_4$ を受けて、その和信号を出力する。加算器303は、加算器301と加算器302との出力信号を受けて、その和信号を出力する。この出力信号が $R F$ 信号 $R F t$ となる。

【0142】以下回路系の動作は、実施の形態7のとおりなので詳しい説明は省略するが、制御回路305とスイッチ306とスイッチ307とは、 $t_1$ 及び $t_2$ の和信号の低域成分と $t_3$ 及び $t_4$ の和信号の低域成分とを比較し、和が小さい方の信号がスイッチ306及びスイッチ307から出力される様に動作する。

【0143】また光情報処理装置としての構成は図35に示したとおりであるが、従来例等と同様であるので詳しい説明は省略する。

【0144】このような光学系を用いた場合においても、本実施の形態10のような構成にすれば、反射光131aと、光検出器128のトラックの接線方向に対し略垂直な分割線128bとの関係がタンゼンシャル方向にずれても、トラッキング誤差信号の振幅の低下量を抑えることができ安定したトラッキング制御を実現できる。

【0145】なお、実施の形態10では、スイッチを用いて動的に切り替えている回路系を示したが、実施の形態10の光学系と実施の形態8で示したジャンプスイッチを用いた回路を組み合わせてもよく、その場合簡素な回路系でトラッキング制御の安定化という効果が得られる。

【0146】実施の形態7から10で述べたように本発明は、トラッキング誤差信号を位相差法で得る方法として、ホログラム等の光線分割手段を用いて分割しても、光検出器上で分割しても同様に効果が得られる。

【0147】(実施の形態11) 実施の形態11として、波面変換手段が光線の約半分のみからフォーカス誤差信号を得、残りの半分から位相差法によるトラッキング誤差信号を得、全体からプッシュプル法によるトラッキング誤差信号を得るような構成の光ヘッド装置及び光情報処理装置について述べる。前の実施の形態と同様の働きを示すものには同じ符号を用いる。また、波面変換手段としてホログラム素子129を用いる。

【0148】図25に、実施の形態11の光学系の側面図を示す。主な働きは実施の形態7の図15と同様なので詳しい説明は省略する。反射光131aは、ホログラム素子129により回折され、光検出器140で受光される。

【0149】図26に、本実施の形態11のホログラム素子129のゾーン分割のパターンと、光検出器140の検出領域のパターンとを示す。ホログラム素子129は、光ディスク130のトラックの接線と略垂直な分割線129bと略平行な分割線129cにより、4つの領域129d～gに分けられる。領域129d～gには、ホログラムの回折格子が形成されており、ここに照射された反射光131aは回折光131bと131cとを生じる。領域129dと領域129eで回折された1次の回折光131bは、検出領域232～239で検出され、フォーカス誤差信号の検出に用いられる。また、領域129f、領域129gで回折された1次の回折光131bは、検出領域231、240で検出され、位相差トラッキング信号を得るのに用いられる。一方、1次の回折光131cは、検出領域241～247で検出されプッシュプル法のトラッキング誤差信号の検出に用いられる。

【0150】なお、各ゾーンに付けられた記号は、図26の光検出器140上の回折光の断面の記号に対応する。大文字A、Bのゾーンから生じる1次回折光13

1bは、検出レンズ108から見て、光検出器140の検出面140aより後側で焦点を結ぶ。一方、小文字a、bのゾーンから生じる1次回折光131bは、検出レンズ108から見て、光検出器126の検出面110aより前側で焦点を結ぶ。光ディスク105の情報面111に、対物レンズ104の焦点F0が合えられるとき、光検出器140上の小文字で表した検出スポットと大文字で表した検出スポットと同じ大きさになるようにホログラム素子109は設計されている。

【0151】検出領域231～240で受光した光の光量に応じて得られる信号を、それぞれ信号f1～f10とする。フォーカス誤差信号FEは、式、 $FE = (f2 + f4 + f6 + f8) - (f3 + f5 + f7 + f9)$ の演算から得られる。

【0152】位相差法のトラッキング誤差信号TE1は、信号f1と信号f10との時間的位相を比較することにより得られる。

【0153】1次の回折光131cは、検出領域241～247で検出される。光検出器140の検出領域241～247で受光した光の光量に応じて得られる信号を、それぞれ信号t1～t7とする。プッシュプル法のトラッキング誤差信号TE2は、式、 $TE2 = (t1 + t2 + t4 + t6) - (t3 + t5 + t7)$ の演算から得られる。

【0154】情報を再生するためのRF信号は、式、 $RF1 = f1 + f2 + f3 + f4 + f5 + f6 + f7 + f8 + f9 + f10$

30  $RF2 = t1 + t2 + t3 + t4 + t5 + t6 + t7$ として、RF1またはRF2、またはRF1+RF2で与えられる。

【0155】また光情報処理装置としての構成は図35に示したとおりであるが、従来例等と基本的には同じなので、詳細な説明は省略する。

【0156】図27に従来例での検出領域232～239上での光ビームの検出面140a上での断面を示す。ホログラム素子129で回折されなかった0次光131aの収束点が検出領域235と236の分割線251.1上にあるとする。この分割線251.1からT方向に離れた位置に飛ばされた光ビームは、図27に示したように、光ビームの断面形状が回転する。本実施の形態11では、図28に示すように、検出面104a上で光ビームの断面形状がトラックの垂直方向には収束するような形とする。各光ビームのトラック垂直方向の幅wは検出用の集光系の開口数と波長で決まる。図28に示すような、光ビームの断面形状を生成させるために、本実施の形態11では図29に示すように、ホログラム素子129のA、a、B、bと表示された各ホログラム要素の、文字の大きさも考慮された、同じアルファベット文字のホロ

グラム要素同士の回折格子の格子間隔を、分割線129bからの等距離の位置において、トラックとは実質上垂直な方向(R方向)に、分割線129cからの距離に応じて変化させる。例えば、ホログラム素子129の領域129dのうち、分割線129bからの所定の等距離の位置において、Aでマークされたホログラム要素の分割線129cに近い所の格子間隔p1、分割線129cから離れた位置の格子間隔p2とする。ホログラム要素Aは検出面より後ろ側で焦点を結ぶので、 $p2 > p1$ とすることにより検出面上での光ビームの断面のトラック方向の幅を小さくすることができる。また、同じホログラム要素内では、分割線129bから遠くなるにしたがって、格子間隔が小さくなるようにする。図29では詳細に示さないが他のa、B、bの領域も同様に回折格子の格子間隔を変化させる。

【0157】このような光ビームの断面形状とすることにより、光ディスクの偏芯等でトラック垂直方向に對物レンズが移動して、分割線と光ビームの関係が変化してもフォーカスのオフセットが生じない。従来例でp1 = p2とした場合には、400 $\mu$ mの對物レンズの移動で約0.5 $\mu$ mのオフセットが生じるが、本実施の形態11の図28に示したような光ビームの断面形状にすると、400 $\mu$ mの對物レンズの移動があってもフォーカスのオフセットは0.1 $\mu$ m以下に抑えられる。

【0158】また、本実施の形態11では、aとA、bとBを図28に示すように分割線251に対して線対称に配置する。その配置は、光ヘッド装置設計のさいに行うものとする。さて、分割線251とは、ホログラム素子129で回折されなかった0次光131aの収束点を含む、トラックに対して実質上垂直な直線である。このように配置することにより、光源の波長ずれや、ホログラム面と光検出器の検出面の距離が変化して、光ビームどうしの間隔がT方向に変化しても、光ディスク上のスポットがトラック横断時にフォーカス誤差信号に生じるゆらぎが小さくなる。

【0159】図30に、ずれがない時の前側焦点と後ろ側焦点の光ビームの断面と分割線251～253の位置との関係を示す。分割線251～253の実際の位置は図28に示した通りである。図30は光ビームと分割線との関係を保ったまま、ホログラム面129a上に分割線を投影した図である。これに対し、波長が長くなる、または、ホログラム面と光検出器の検出面との距離が長くなったとき、検出面上の光ビームどうしの間隔が離れる。このとき図31に示したように、分割線251、252、253はいずれも扇形の外から離れた方向に移動する。この移動は前側焦点と後ろ側焦点の釣り合いは保たれたままなので、フォーカスにオフセットを生じることはない。また光ディスク上のスポットがトラックを横断するときにフォーカス誤差信号に生じるゆらぎも小

さい。

【0160】光源の波長を650nm、ホログラム素子のピッチを2 $\mu$ m、ホログラム面から検出面までの距離を1.6mmとする。従来例として分割線251に対して線対称の配置にしない場合、20nmの波長変動に対してフォーカス誤差信号に生じるゆらぎはフォーカスS字振幅の9%程度となる。これに対し、本実施の形態11の図28に示したような配置にすると20nmの波長変動に対してゆらぎはフォーカスS字振幅の1%以下に抑えられる。

【0161】このように、波長ずれや高さずれに対してもフォーカス誤差信号の変化が小さくなるため安定なフォーカス制御が可能となり、本実施の形態の光情報処理装置は誤り率の低い情報の再生が可能となる。

【0162】なお、この詳細な説明の中で、記録・再生という表現は、記録および/もしくは再生という意味であって、記録のみの場合も再生のみの場合も本発明の効果は限定されるものではない。

【0163】

【発明の効果】以上説明したところから明らかにように、本発明は、多層情報記憶媒体に対してホログラム素子等を用い、所定の情報層以外の情報層から反射した光の影響を抑え、安定にフォーカスおよび/またはトラック誤差信号が得られる光ヘッド装置及び光情報処理装置を提供することができる。

【0164】また、本発明は、ホログラム素子等を用いてトラック誤差信号を位相差法により得る場合、光線の分割位置がずれても、トラック誤差信号の劣化を抑え、安定なトラック誤差信号を得られる光ヘッド装置及び安定なトラック制御が可能な光情報処理装置を提供することができる。

【0165】また、本発明は、トラック誤差信号を位相差法により得る場合、光線の分割位置がずれても、トラック誤差信号の劣化を抑え、安定にトラック誤差信号を得られる光ヘッド装置及び安定なトラック制御が可能な光情報処理装置を提供することができる。

【0166】さらに、本発明は、ホログラム素子等を用いてフォーカス誤差信号を得る際、トラックの偏芯に追従して對物レンズが移動したり、ディスク上のスポットがトラックを横断して移動する際にも、安定なフォーカス誤差信号が得られる光ヘッド装置及び安定なフォーカス制御が可能な光情報処理装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態1による光ヘッド装置で2層ディスクを記録・再生する際の光学系を示す側面図

【図2】本発明の実施の形態1による光ヘッド装置の光検出器付近の光学系を示す側面図

【図3】従来例、および本発明の実施の形態6による光

ヘッド装置で2層ディスクを記録・再生する際の対物レンズ付近と光検出器付近の光学系を示す側面図

【図4】本発明の実施の形態1による光ヘッド装置のホログラム素子のゾーン分割のパターンと分割線付近の拡大図

【図5】本発明の実施の形態1による光ヘッド装置で段差プリズムを用いた光学系を示す側面図

【図6】本発明の実施の形態2による光ヘッド装置の光学系を示す側面図

【図7】本発明の実施の形態3による光ヘッド装置で3層ディスクを記録・再生する際の光学系を示す側面図

【図8】本発明の実施の形態4による光ヘッド装置の光学系を示す側面図

【図9】本発明の実施の形態4による光ヘッド装置で対物レンズの焦点に情報層がある時の、その情報層からの反射光のホログラム素子上での断面形状を示す正面図

【図10】本発明の実施の形態4による光ヘッド装置で情報層からの反射光のY方向の焦点付近にホログラム素子があるときの、反射光のホログラム素子上での断面形状を示す正面図

【図11】本発明の実施の形態5による光ヘッド装置で情報層からの反射光のY軸方向の焦点付近にホログラム素子があるときの、反射光のホログラム素子上での断面形状と実施の形態5のホログラム素子を示す図

【図12】本発明の実施の形態5による光ヘッド装置で情報層からの反射光のY軸方向の焦点付近にホログラム素子があるときの、反射光のホログラム素子上での断面形状と実施の形態5のホログラム素子の別の例を示す図

【図13】本発明の実施の形態5による光ヘッド装置で情報層からの反射光のY軸方向の焦点付近にホログラム素子があるときの、反射光のホログラム素子上での断面形状と実施の形態5のホログラム素子の更に別の例を示す図

【図14】本発明の実施の形態6による光ヘッド装置で、情報層からの反射光の焦点付近にホログラム素子がある時のホログラム素子の回折格子と反射光の断面の大きさの関係を斜視図

【図15】本発明の実施の形態7及び8の光ヘッド装置の光学系の要部を示す構成図

【図16】本発明の実施の形態7及び8の光ヘッド装置のホログラム素子のゾーン分割と光検出器上の回折光の断面の関係を示す図

【図17】本発明の実施の形態7の光ヘッド装置のトラッキング誤差信号及び欠陥検出系の回路構成図

【図18】本発明の実施の形態7と従来例で分割線位置のずれに対するトラッキング誤差信号の振幅の変化を比較した図

【図19】本発明の実施の形態7の光ヘッド装置の別の例の光学系の要部を示す構成図

【図20】本発明の実施の形態8の光ヘッド装置のトラ

ッキング誤差信号及び欠陥検出系の回路構成図

【図21】本発明の実施の形態9の光ヘッド装置の光学系の要部を示す構成図

【図22】本発明の実施の形態9の光ヘッド装置のホログラム素子のゾーン分割と光検出器上の回折光の断面の関係を示す正面図

【図23】本発明の実施の形態10による光ヘッド装置の光学系の要部を示す構成図

【図24】本発明の実施の形態10による光ヘッド装置のトラッキング誤差信号及び欠陥検出系の回路構成図

【図25】本発明の実施の形態11による光ヘッド装置の光学系の要部を示す構成図

【図26】本発明の実施の形態11による光ヘッド装置のホログラム素子のゾーン分割と光検出器上の回折光の断面の関係を示す概略図

【図27】従来例による光ヘッド装置の光検出器上の回折光の断面と光検出器の関係を示す図

【図28】本発明の実施の形態11による光ヘッド装置の光検出器上の回折光の断面と光検出器の関係を示す概略図

【図29】本発明の実施の形態11による光ヘッド装置のホログラム素子のゾーン分割と格子間隔の概略を示す概略図

【図30】本発明の実施の形態11による光ヘッド装置のずれがないときの光検出器上のスポットと分割線の関係からホログラム素子上に光検出器の分割線の位置を示す図

【図31】本発明の実施の形態11による光ヘッド装置の波長ずれ等があるときの光検出器上のスポットと分割線の関係からホログラム素子上に光検出器の分割線の位置を示す図

【図32】従来例の光ヘッド装置の光学系を示す側面図

【図33】従来例の光ヘッド装置のホログラム素子のゾーン分割と光検出器上の回折光の断面の関係を示す正面図

【図34】従来例の光ヘッド装置のトラッキング誤差信号及び欠陥検出系の回路構成図

【図35】本発明の実施の形態および従来例の光ディスクドライブの構成図

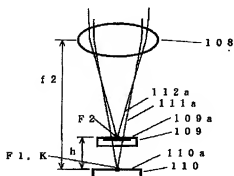
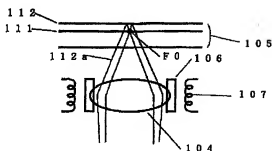
【符号の説明】

- 101 半導体レーザー
- 102 コリメータレンズ
- 103 ビームスプリッタ
- 104 対物レンズ
- 105 光ディスク
- 106 保持手段
- 107 アクチュエータ
- 108 検出レンズ
- 109 ホログラム素子
- 109a ホログラム面

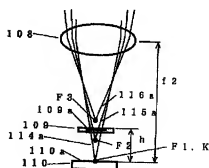
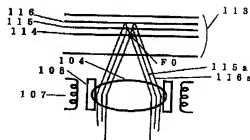
110 光検出器  
 110a 検出面  
 111 第1の情報層  
 112 第2の情報層  
 111a 反射光  
 112a 反射光  
 113 光ディスク  
 114 第1の情報層  
 115 第2の情報層  
 116 第3の情報層  
 114a 反射光  
 115a 反射光  
 116a 反射光  
 120 段差プリズム  
 121 ビーム整形プリズム  
 122 ホログラム素子  
 122b 分割線  
 123 ホログラム素子  
 123b 分割線  
 124 ホログラム素子  
 124b 分割線  
 125 ホログラム素子  
 126 光検出器  
 127 平行平板  
 128 光検出器  
 129 ホログラム素子  
 130 光ディスク  
 131 情報層、情報面

\* 131 反射光  
 131a 反射光  
 131b -1次の回折光  
 131c +1次の回折光  
 140 光検出器  
 301 加算器  
 302 加算器  
 303 加算器  
 304 比較回路  
 10 305 制御回路  
 306 スイッチ  
 307 スイッチ  
 308 位相差信号生成回路  
 309 加算器  
 310 欠陥検出回路  
 311 サンプル&ホールド回路  
 321 テストポイントTp  
 322 テストポイントTp  
 323 ジャンパススイッチ  
 20 324 ジャンパススイッチ  
 401 加算器  
 402 加算器  
 403 加算器  
 501 モータ  
 502 光ヘッド装置  
 503 ヘッド移送装置  
 504 制御回路  
 \* 505 データ生成回路

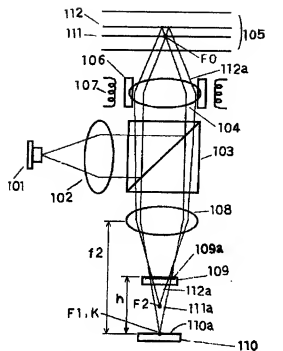
【図3】



【図7】

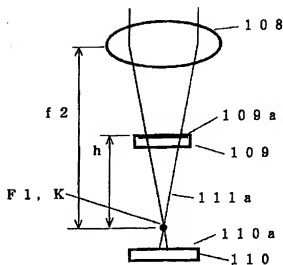


【図1】



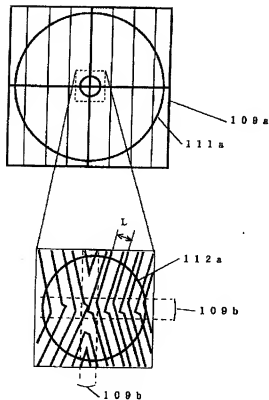
- |              |           |
|--------------|-----------|
| 101 半導体レーザ   | 104 対物レンズ |
| 102 コリメータレンズ | 105 光ディスク |
| 103 ビームスプリッタ | 106 保持手段  |

【図2】

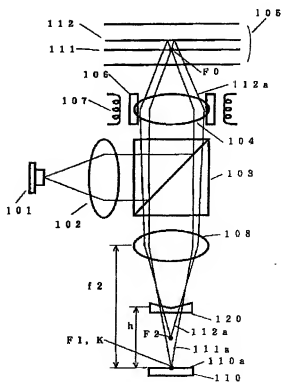


- |             |            |
|-------------|------------|
| 107 アクチュエータ | 112a 反射光   |
| 108 検出レンズ   | 113 光ディスク  |
| 109 ホログラム素子 | 114 第1の情報層 |
| 109a ホログラム面 | 115 第2の情報層 |
| 110 光検出器    | 116 第3の情報層 |
| 110a 検出面    | 114a 反射光   |
| 111 第1の情報層  | 115a 反射光   |
| 112 第2の情報層  | 116a 反射光   |
| 111a 反射光    |            |

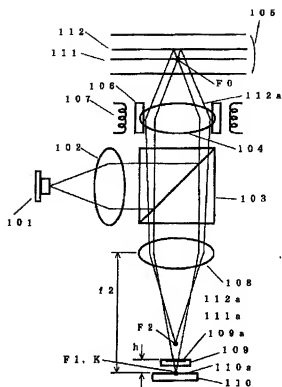
【図4】



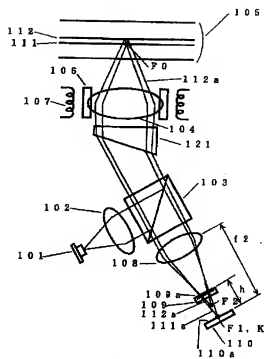
【図5】



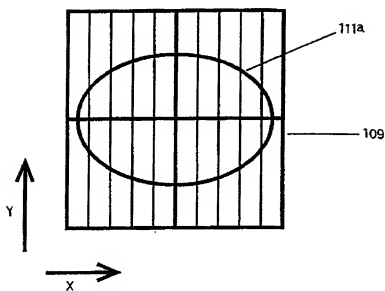
【図6】



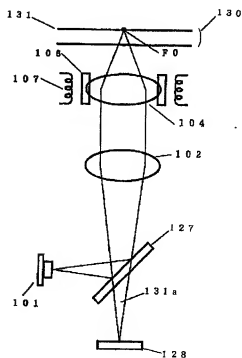
【図8】



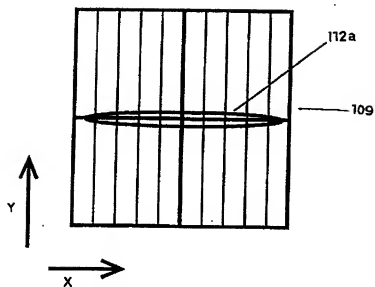
【図9】



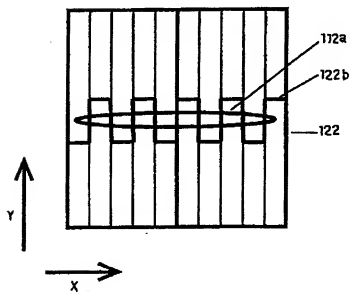
【図23】



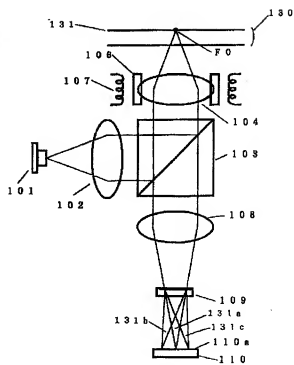
【図10】



【図11】

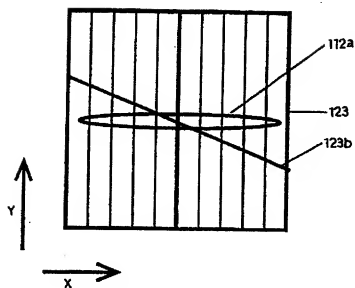


【図15】

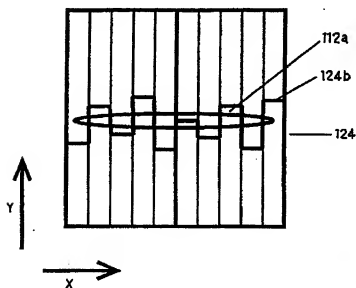




【図12】

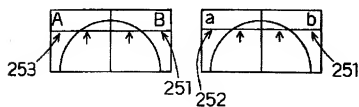


【図13】

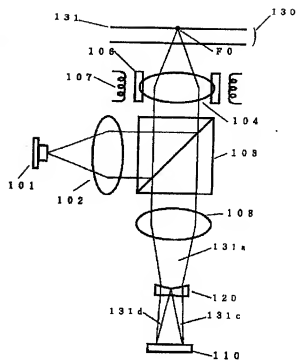


【図31】

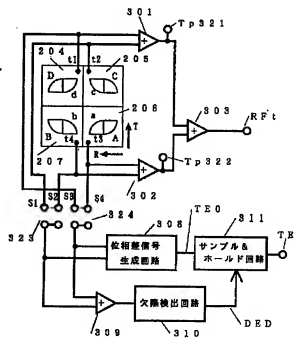
波長変動/H<sub>0</sub>E高さずれあり



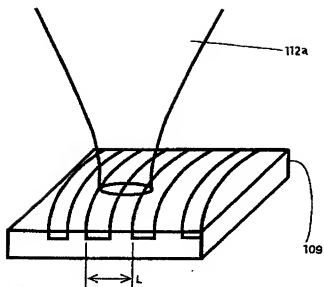
【図19】



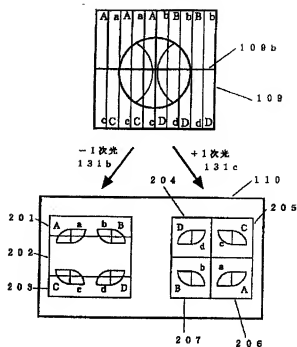
【図20】



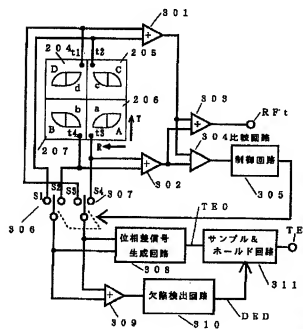
【図14】



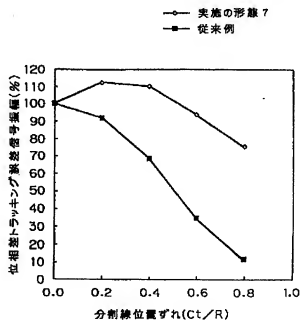
【図16】



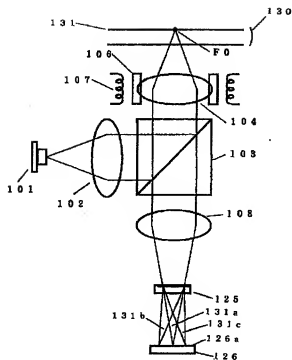
【図17】



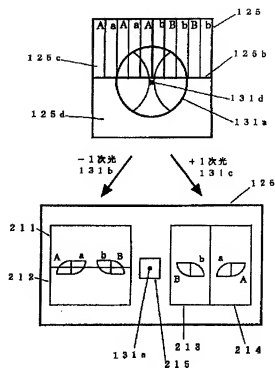
【図18】



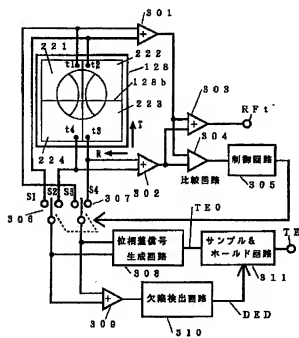
【図21】



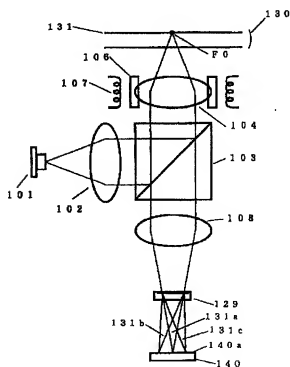
【図22】



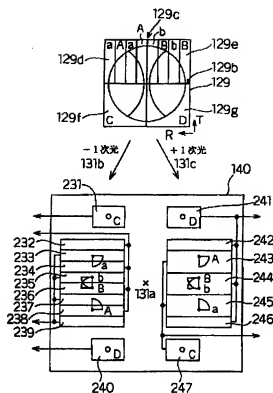
【図24】



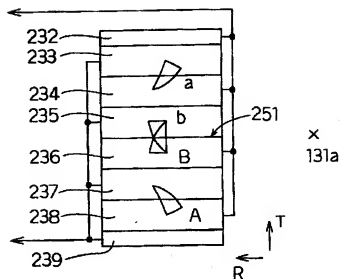
【図25】



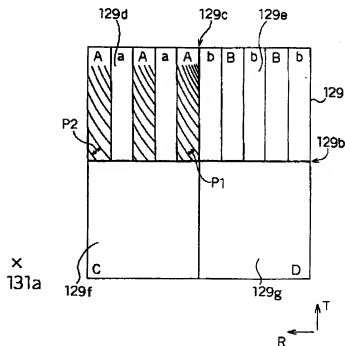
【図26】



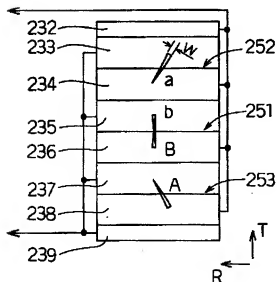
【図27】



【図29】



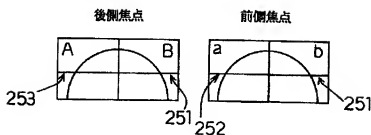
【図28】



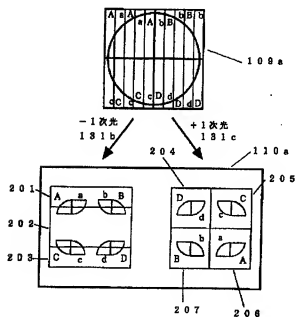
【図30】

スポットと分割線の関係

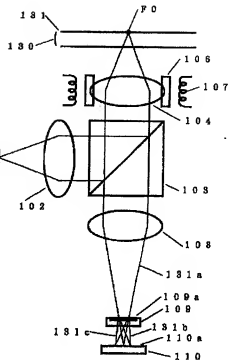
ずれなし



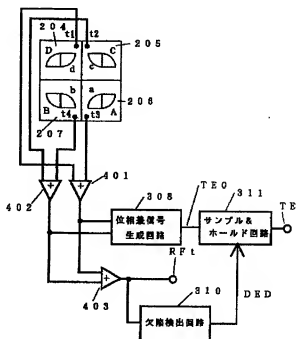
【図33】



【図32】



【図34】



【图 3 5】

